(REVISTA·CURSO)

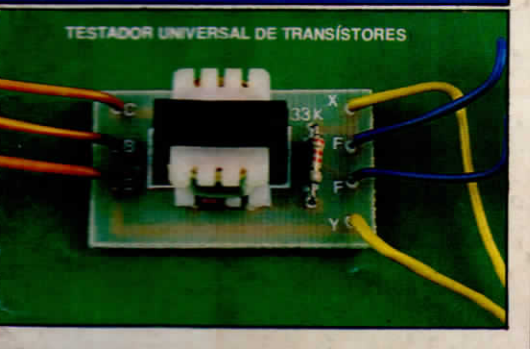
Nº6 – Cr$700,00

PROF. BEDA MARQUES

• PRÁTICA:

- UM BRINQUEDO E UM INSTRUMENTO DE TESTE, QUE VOCÊ MONTA FACILMENTE:
- VAGALUME AUTOMÁTICO
- TESTADOR UNIVERSAL DE TRANSÍSTORES

• TEORIA:

- O TRANSÍSTOR (1ª PARTE)
- DO QUE É FEITO, COMO E POR QUÊ FUNCIONA!
- FAÇA AS PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS COM TRANSÍSTORES!

• SEÇÕES:

- TRUQUES & DICAS
  AS "CARAS" E "PERNAS" DOS TRANSÍSTORES!
- ARQUIVO TÉCNICO
  "MINI-MANUAL" DE PARÂMETROS E LIMITES!

• E MAIS:

- DO LEITOR PARA O LEITOR: TROCA-TROCA, FEIRA DE PROJETOS, CORRESPONDÊNCIA E CLUBINHOS!

Kaprom
EDITORA

Emark
EMARK ELETRÔNICA

Diretores
Carlos Walter Malagoli
Jairo P. Marques
Wilson Malagoli
WANDY

Diretor Técnico
Bêda Marques

Colaboradores
José A.Sousa (Desenho Técnico)
João Pacheco (quadrinhos)

Publicidade
KAPROM PROPAGANDA LTDA
(011) 223-2037

Composição
KAPROM

Fotolitos de Capa
DELIN
Tel. 35.7515

Fotolito de Miolo
FOTOTRAÇO LTDA.

Impressão
Editora Parma Ltda.

Distribuição Nacional c/ Exclusividade
FERNANDO CHINAGLIA DISTR. S/A
Rua Teodoro da Silva, 907
- R. de Janeiro (021) 268-9112

ABC DA ELETRÔNICA

Kaprom Editora, Distr.e Propaganda Ltda - Emark Eletronica Comercial Ltda) - Redação, Administração e Publicidade:
R.Gal.Osório, 157
CEP 01213 - São Paulo-SP.
Fone: (011)223-2037

EDITORIAL

CONVERSANDO

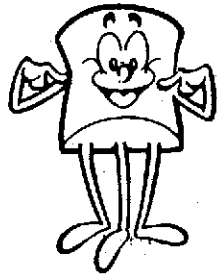
Depois da abordagem teórico/prática/informativa dos principais componentes "passivos" da Eletrônica: os RESISTORES e CAPACITORES, seguida das importantes "Aulas" sobre a CORRENTE CONTÍNUA e CORRENTE ALTERNADA, mais os EFEITOS MAGNÉTICOS DA CORRENTE ELÉTRICA (e "Lições" sobre os componentes que "usam tais efeitos"...), além de uma verdadeira "iniciação" aos semicondutores, com as "Aulas" detalhadas sobre os DIODOS e os LEDs, o nosso Curso começa a "pegar no breu"...

Baseando-se (como o sabem os Leitores/Alunos que acompanham ABC desde a primeira "Aula"...) num cronograma **diferente** do tradicionalmente adotado pelos Cursos Regulares de Eletrônica, nossa Revista/"Curso" manteve a estrutura testada ao longo de muitos anos, preferindo apresentar os componentes e conceitos pela ordem de "importância numérica" ou quantitativa, ou seja: começamos ensinando sobre O QUE MAIS SE USA em Eletrônica Prática... Isso proporciona, temos a mais absoluta certeza, um embasamento **muito** mais sólido ao aprendiz que, desde suas primeiras "Aulas" passa a **manusear** componentes, realizar Experiências comprobatórias e verificar, "ao vivo", o funcionamento, os "comos" e os "por quês" da coisa! Conforme já dissemos e enfatizamos várias vezes, ABC não pretende "formar Engenheiros" (para isso existem Escolas de ótimo nível, dentro dos conceitos tradicionais do Ensino Técnico...), mas sim fazer com que Vocês **intuam** o funcionamento dos componentes, os arranjos circuitais, as disposições lógicas e funcionais (bem como os parâmetros e limites) dos modernos dispositivos, aparelhos, circuitos, etc. Nisso se configura a importante diferença entre "SABER" e "ENTENDER" (são conceitos **totalmente** diferentes, basta parar um minuto e pensar a respeito...).

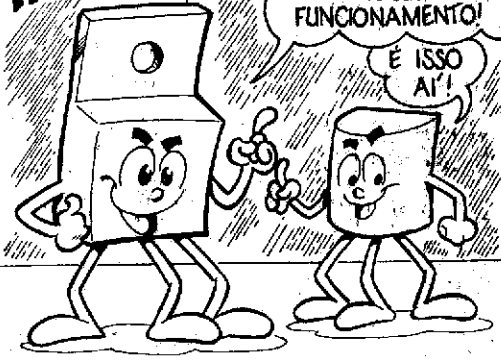
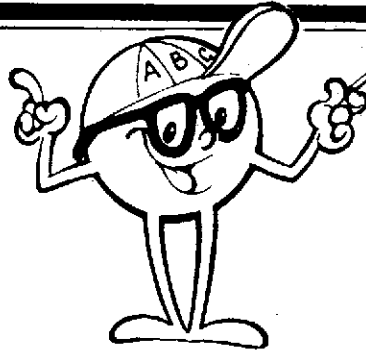
Chegamos agora a um fundamental "degrau" do nosso "Curso"! Na presente Revista/"Aula" introduzimos o TRANSÍSTOR, mantendo o estilo (já mais do que aprovado pelos Leitores/Alunos...) de explicações claras, objetivas, "limpas", livres de jargões técnicos e "matemáticas" excessivas (sempre aliando Experiências simples e elucidativas, às explicações, sempre "mostrando o pau" ainda **antes** de "matar a cobra"...).

Como o assunto (TRANSÍSTOR) é amplo, denso e **muito** importante, requer inevitavelmente um **espaço** maior nas "Aulas", o que nos obriga a, pela primeira vez, dividir em três ou quatro capítulos, a referida abordagem... Assim, sob nenhuma hipótese o Leitor/Aluno pode perder quaisquer das próximas Revistas/"Aula" (quem só conheceu ABC **agora**, e não tem as importantes "Aulas"/Exemplares anteriores (de 1 a 5) **deve** solicitá-las pelo Correio (ver Instruções e Cupom, em outra parte da presente ABC...), para que sua Coleção/"Curso" fique completa e seu aprendizado não sofra lapsos.

O EDITOR

EU ESTAREI NA PRÓXIMA AULA

E EU TAMBÉM

ÍNDICE - ABC - 6

PAGINA

O Transístor
(1ª PARTE)

O TRANSÍSTOR BIPOLAR - SUA ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO BÁSICO - AS CORRENTES NO TRANSÍSTOR BIPOLAR - O "CORTE", A "SATURAÇÃO" E A AMPLIFICAÇÃO - TESTES E EXPERIÊNCIAS INICIAIS.

Até a presente "Aula" do ABC, falamos apenas de componentes **passivos** (RESISTORES, CAPACITORES, DIODOS, LEDs e algumas das peças que se valem, para seu funcionamento, dos EFEITOS MAGNÉTICOS DA CORRENTE...), ou seja, que embora possam **dimensionar** a Tensão ou a Corrente, determinar Constantes de Tempo, "traduzir" energia Elétrica em outras formas (Luz, Magnetismo, Movimento, etc.), não são capazes de exercer um efeito ATIVO sobre a Corrente. Ao iniciarmos a importante série de "Aulas" sobre o TRANSÍSTOR BIPOLAR, colocaremos o Leitor/Aluno frente a frente com a maior revolução tecnológica desse Século XX, que desfechou incríveis avanços em praticamente **todos** os aspectos da vida humana e em **todas** as atividades imagináveis!

Embora desenvolvido há pouco **mais** de 40 anos, essa "pecinha", hoje, assume proporções de importância **tão** imensas que, só para citar uma hipótese radical, se um "mágico" maligno, num estalar de dedos, fizesse desaparecer **todos** os TRANSÍSTORES (e seus "parentes"...) da **sua** (do Leitor/Aluno) casa, Você **não teria mais** rádios, TV, video-cassette, telefone, ar condicionado, **freezer**, vários dos eletro-domésticos, muito dos brinquedos, isso sem falar em "confortos" mais sofisticados (mas já existentes em muitas residências...) como antenas parabólicas, forno de micro-ondas, micro-computadores, sistema de alarme e automação diversos, etc. Enfim: sem esse "bichinho", instantaneamente retornaríamos à "Idade Média"! Não que seja impossível **viver sem ele**, porém nos acostumamos tão rapidamente à todas as "facilidades" e "confortos" originados do TRANSÍSTOR e, ao mesmo tempo, tornamo-nos **tão dependentes** de tais facilidades que - sem medo de exageros - podemos até afirmar que a própria sobrevivência da Raça Humana, ou, pelo menos, da Civilização, conforme a compreendemos, hoje depende dessa minúscula "pastilha" semicondutora!

É por tal razão que, no começo do nosso "Curso" advertíamos que **conhecer as bases da moderna Eletrônica**, mais do que simples curiosidade ou hobby, é quase que uma **obrigação** do Homem atual! Dentro de poucos anos, quem não tiver tais bases, entre seus conhecimentos práticos imediatos, será incapaz até de consertar uma simples torneira que esteja vazando (ela será, certamente, Eletrônica, em seu "âmago"...)! Isso **não é** uma brincadeira!

•••••

- Lembramos aos Leitores/Alunos, que o cronograma do "Curso" de ABC é totalmente **não convencional** (com relação aos Cursos Regulares de Eletrônica...) e assim, os importantes COMPONENTES já estudados em suas bases, inevitavelmente "retornarão" em futuras "Aulas" mais específicas, com uma abordagem de detalhes e "parentescos" das peças... Por exemplo: em futuras "Lições", falaremos dos RESISTORES "dependentes" (não lineares), como aqueles que têm seus valores ôhmicos condicionados por fatores externos: LUZ, TEMPERATURA, etc., quais sejam, os LDRs, os TRANSÍSTORES, etc. Quanto aos DIODOS, ainda há vários "primos" e "irmãos" do dito cujo, a serem estudados (e o serão, em "Aulas" futuras...), como os ZENERs e os Retificadores Controlados (SCRs e TRIACs). A respeito dos "parentes próximos" dos LEDs (família dos OPTO-ELETRÔNICOS...), futuras "Aulas" trarão importantes abordagens quanto aos componentes que "intermediam" a LUZ e a ELETRÔNICA! Eventualmente, também os componentes que usam os EFEITOS MAGNÉTICOS DA CORRENTE, serão revistos, sempre que um detalhamento se torne necessário ao andamento do aprendizado!

Agora, porém, na **nossa** concepção, chegou a hora de falarmos do IMPORTANTÍSSIMO TRANSÍSTOR "comum" (BIPOLAR), alicerce prático **real** da moderna Eletrônica e base essencial para futuras "Aulas" do nosso "Curso"!

COMO É "FEITO" UM TRANSÍSTOR

Desde a primeira década do Século XX, até os anos 50, os "arqueológicos" aparelhos eletrônicos (rádios, amplificadores simples, transmissores, etc.) realizavam suas funções graças ao trabalho da "velha" VÁLVULA termo-iônica, um "baita" tubo de vidro (vácuo, lá dentro...) dotado de um filamento aquecedor e eletrodos metálicos que permitiam usar o dispositivo como amplificador de "manifestações" elétricas... Quando dizemos "velha", fazêmo-lo com todo

o respeito, já que a própria existência da moderna Eletrônica prática deve-se àquelas "garrafas quentes" (e nós não estaríamos **aqui**, escrevendo, e Vocês lendo, sem esse importante antepassado...).

Embora eficientes (para seu "período histórico"...) as válvulas apresentavam uma série de desvantagens, inevitáveis, na sua época: eram grandonas, frágeis, de fabricação difícil e cara, precisavam de uma **grande** quantidade de energia para seu funcionamento, exigiam fontes de tensão muito elevadas e (devido à presença do filamento aquecedor...) "queimavam-se" com uma frequência nada tranquilizadora...

Foi então que, no fim da década de 40, surgiu o fantástico TRANSÍSTOR, desenvolvido a partir de pesquisas com os materiais semicondutores com os quais, na época, eram já feitos alguns DIODOS. O "bichinho", muito menor do que as válvulas, era capaz de fazer praticamente **tudo** o que a sua "vovó de vidro" fazia, apresentando, de quebra, grande robustez, baixo consumo de energia, baixas necessidades quanto à tensão de alimentação, além de um "monte" de outras vantagens!

Atualmente, após menos de 5 décadas de desenvolvimentos e pesquisas, o TRANSÍSTOR pode ser considerado como apenas o "tronco" de uma enorme "árvore genealógica", já que uma grande quantidade de "irmãos", "filhos", "netos" e "primos" (diversos tipos de transístores e dispositivos semicondutores ativos...) foram criados! Para começar, contudo, falaremos do TRANSÍSTOR "comum", também chamado de BIPOLAR, já que sua estrutura é formada por materiais semicondutores (basicamente os **mesmos** usados nos DIODOS, vistos na "Aula" nº 3...) de **DUAS** polaridades: "N" (negativo) e "P" (positivo).

Fig. 1

- **FIG. 1** - Construção física do TRANSÍSTOR BIPOLAR. No centro da figura vemos, a título de exemplo, a APARÊNCIA de um transístor comum, de baixa potência. À esquerda temos a estrutura semicondutora interna e o símbolo de um transístor de polaridade NPN, enquanto que à direita, são mostrados os correspondentes diagramas, para um transístor PNP. Na "Aula" sobre os DIODOS (ABC nº 3) constatamos a possibilidade de se adicionar "impurezas" (dizemos tecnicamente, "dopar"...) aos materiais semicondutores (silício, germânio, etc.) de modo a constituir blocos "N" (com "sobra" de elétrons...) e blocos "P" (com "sobras" de "buracos"...). Pois bem, os transístores comuns também são feitos com tais materiais (atualmente, salvo casos especiais, usa-se, basicamente o SILÍCIO...), ou seja: semicondutores tipo P e tipo N, porém, enquanto os DIODOS são construídos a partir de uma junção simples, transístores são feitos com uma estrutura de "sanduíche", contendo os dois tipos ou polaridades de semicondutores! Imaginem, a título de analogia, um sanduíche de mortadela (é difícil, para o brasileiro médio, sequer **imaginar** um sanduíche mais sofisticado, que a gente só vê em revista, ou na TV...). Se (esquerda da figura) a "mortadela" for do tipo P e as duas fatias de pão forem do tipo N, temos um TRANSÍSTOR NPN. Já, se a "mortadela" for N e os dois pedaços de pão forem P, teremos um TRANSÍSTOR PNP... Essa disposição em "sanduíche" dos materiais semicondutores é, portanto, a "chave" da construção física dos transístores. Há, contudo, alguns pontos importantes a serem considerados:

- Quanto ao SÍMBOLO dos componentes, notar que no transístor NPN, a "setinha" dentro do círculo APONTA PARA FORA, enquanto que, no PNP, a tal "setinha" APONTA PARA DENTRO (veremos as razões disso, mais adiante...).
- Nos dois tipos ou polaridades de transístor comum (NPN ou PNP) as três partes do "sanduíche" formam **junções** muito parecidas às já estudadas nos DIODOS E LEDs ("Aulas" nº 3 e 5).
- A cada "pedaço" do "sanduíche" está ligado um terminal metálico, externamente acessível. Esses três terminais têm NOME, e função específicas: EMISSOR (E), BASE (B) e COLETOR (C). A diferença principal que determina a denominação de COLETOR ou de EMISSOR para os pedaços de "pão do sanduíche" é que o primeiro (COLETOR) é **levemente dopado**, enquanto que o segundo (EMISSOR) é **altamente dopado**, ou seja: colocam-se menos impurezas determinadoras da polaridade no bloco semicondutor correspondente ao COLETOR, e mais no bloco de EMISSOR...
- O pequeno (pequeno **mesmo...**) "sanduíche" e seus terminais metálicos externos, são normalmente encapsulados num só bloco ou invólucro (do qual sobressaem apenas os terminais), conforme exemplificado no centro da figura, Existem outros "modelos" de encapsulamento, que veremos mais adiante...

- **FIG. 2** - Analisando a estrutura interna dos transístores. Lembrando que um DIODO é forma-

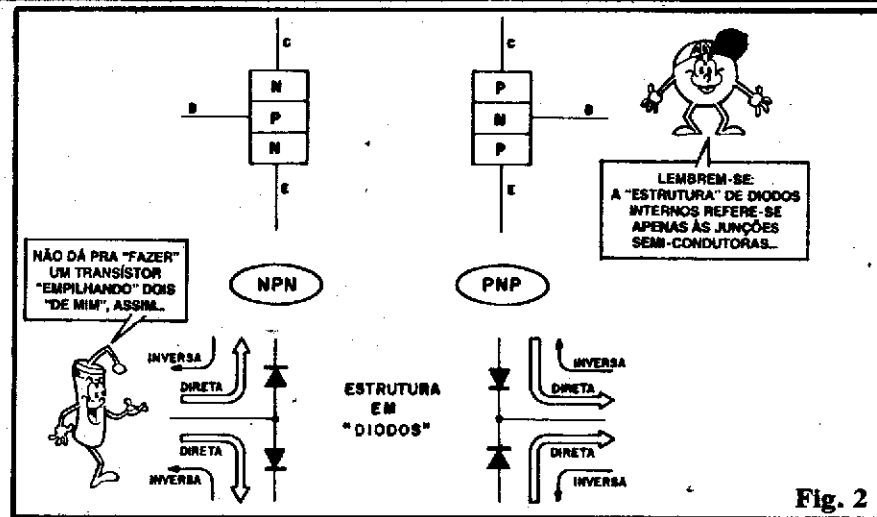



Fig. 2

do, estruturalmente, por uma simples junção semicondutora PN, não é difícil perceber que o "miolo" de um transístor comum forma, na verdade, **duas** junções PN (ou NP, que é a mesma coisa, apenas que em "sentido inverso"). Assim, (esquerda, na figura) um transístor NPN, em termo de estrutura das junções internas, **pode** ser comparado a dois DIODOS comuns, "empilhados", anodo com anodo, enquanto que um PNP, também em termos de estrutura de junções (direita da figura) corresponde a dois DIODOS, "enfileirados" pelos catodos. É importante notar que, quanto às "facilidades ou dificuldades" oferecidas à passagem da corrente, as junções se comportam **mesmo** como DIODOS... Assim, sempre que colocarmos qualquer dos DIODOS "internos" de um transístor, em polarização **direta**, a corrente terá uma relativa liberdade de passagem, enquanto que, nas junções inversamente polarizadas, a passagem da corrente será grandemente dificultada. No diagrama da fig. 2, as setas pretas e finas indicam o percurso "dificultado" da corrente, enquanto que as setas brancas e largas mostram os percursos "fáceis" para a corrente.

- **UM AVISO** - A comparação da estrutura interna dos transístores com dois diodos "empilhados" NÃO SIGNIFICA que, se o Leitor/Aluno "**enfileirar**" dois diodos comuns obterá um transístor! Essa analogia serve apenas para exemplificar estaticamente os "caminhos" fáceis e difíceis para a corrente, "dentro" de um transístor, analisando CADA junção PN individualmente!

- **FIG. 3** - Agora vamos começar a analisar o funcionamento do transístor como um todo... A figura mostra, à esquerda em diagrama estrutural e à direita nos "diodos" internos, um transístor NPN **submetido à tensão** fornecida por um gerador externo (pilhas, totalizando 6 volts, no caso...). Observem bem as polarizações e notem que o resistor RC, em série com as pilhas e o transístor, funciona como um "limitador automático" da corrente (revejam a "Aula" nº 1), ou seja: a corrente **máxima** que **poderia** transitar pelo sistema está automaticamente condicionada ao valor do tal resistor (Lei de Ohm...). Se ligarmos o terminal de COLETOR (C) ao **positivo** das pilhas, e o terminal de EMISSOR (E) ao **negativo**, praticamente **nenhuma** corrente consegue transitar pelo sistema, uma vez que **um** dos "diodos internos" (o de cima, nos dois diagramas da figura...) ficará **inversamente polarizado**... Até aí, tudo bem (ou tudo mal, dependendo da interpretação...): não "passa" corrente e pronto... Mas para que serviria o arranjo, então...? O Leitor/Aluno atento responderá: "**e o terminal de BASE (B), está lá pra quê**...?". A próxima figura começa a "dar uma luz"...

Fig. 3

- **FIG. 4-A** - (Diagrama mostrando a "estrutura de diodos" interna de um transístor...) - Se o terminal de BASE (B) de um transístor NPN for ligado ao **positivo** da alimentação geral, através de um resistor de valor relativamente elevado (RB), transitará, pela junção PN correspondente ao conjunto BASE/EMISSOR, uma corrente I **fraca** (notem que o "diodo de baixo", no arranjo fica, com relação à corrente proveniente do resistor RB, **diretamente polarizado**...). Essa corrente fraca, contudo (entre BASE e EMISSOR) gera um **importante** efeito no **sanduíche** semicondutor do transístor, induzindo o "diodo de cima" (no diagrama), a **deixar de agir como se estivesse inversamente polarizado! Aí** está **todo** o "segredo" do funcionamento dos transístores!

- Recordando um pouco: Nos símbolos dos componentes, e mesmo nos diagramas explicativos, as "setas" indicam sempre o chamado SENTIDO CONVENCIONAL da corrente, como se este estivesse "saindo" do **positivo** e "indo" para o negativo, embora saibamos que o fluxo de elétrons, na verdade, caminha ao contrário (do **negativo**, onde "sobram", para o **positivo**, onde "faltam"...). Voltando, então, ao diagrama da fig. 4-A, vamos tentar acompanhar o

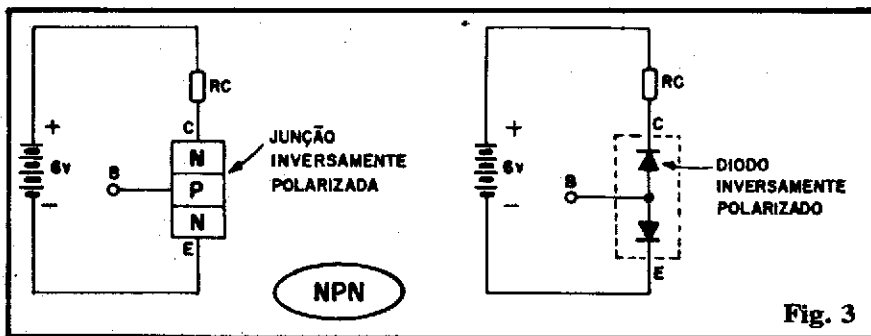
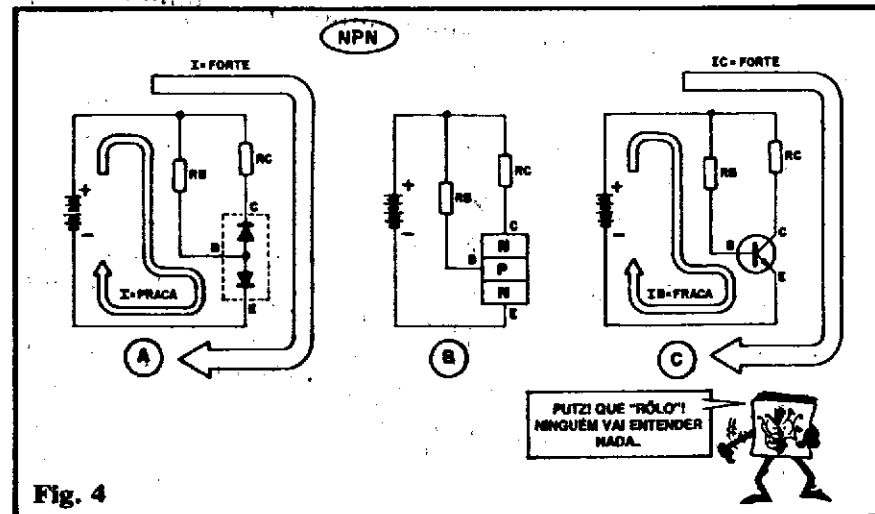



Fig. 4

que acontece em termos de "**fluxo de elétrons**"...

- O diodo "de baixo" (junção B-E), diretamente polarizado (permitindo, então, a passagem da corrente...), os elétrons "saem" do **negativo** da alimentação (pilhas), "entram" pelo terminal de EMISSOR (E), "saem" pelo terminal de BASE (B) e, através do resistor RB "voltam" às pilhas, pelo seu polo **positivo**. Nesse "caminho", os **elétrons** agem também sobre a "barreira" de potencial (ver "Aula" nº 3) do diodo de cima (que, normalmente, estava inversamente polarizado...), fazendo com que esta **diminua**, permitindo, assim que o tal diodo de cima (junção C-B...) **permita** a passagem de uma forte corrente, "vencendo" o sentido **inverso** da junção!
- "Vencida" a junção C-E, a **outra** junção (B-E) "não é problema", já que encontra-se naturalmente polarizada no sentido direto... Com isso, conseguimos uma substancial passagem de corrente entre os terminais de COLETOR (C) e EMISSOR (E). Notem que isso foi conseguido **a partir** daquela pequena corrente no terminal de BASE B, delimitada pelo resistor RB de alto valor. O resistor RC, no COLETOR do transístor, funciona então como um delimitador final da corrente "forte" obtida entre os terminais C e E do transístor. Vamos resumir o que foi visto até agora:

1 - Uma corrente **fraca**, entre os terminais de BASE e EMISSOR, determina a circulação de uma corrente **forte** entre os terminais de COLETOR e EMISSOR! Ocorreu, então, o que chamamos de AMPLIFICAÇÃO da corrente!

2 - Notem, porém, o seguinte: a tal corrente **forte** (de COLETOR para EMISSOR...) não surgiu "do nada"...! Foi (assim como a corrente **fraca**, de BASE para EMISSOR...) fornecida pelas pilhas (alimentação), **dentro** das suas limitações naturais! Lembrar, então: UM TRANSÍSTOR **NÃO PODE** "FAZER" CORRENTE OU ENERGIA... ELE **PODE**, SIM, **CONTROLAR** OU DIMENSIONAR UMA CORRENTE OU ENERGIA RELATIVAMENTE FORTES, A PARTIR DE OUTRA CORRENTE OU ENERGIA BEM MAIS FRACAS...

3 - A CORRENTE DE COLETOR (sobre o resistor RC), relativamente FORTE, é - dentro de certos limites - **diretamente proporcional** à CORRENTE DE BASE, relativamente FRACA. Isso quer dizer que, se **dentro de certas condições** (detalhes mais à frente, na presente "Aula" e nas próximas...), fizermos uma corrente de 0,001A (1 miliampére) circular pela BASE, obtendo, no COLETOR, uma corrente de 0,1A (100 miliampéres), quando aplicarmos à BASE uma corrente de 0,002A, podemos esperar, no COLETOR, uma corrente de 0,2A.

4 - A **RELAÇÃO** entre a corrente de COLETOR e a de BASE determina o FATOR DE AMPLIFICAÇÃO, ou o GANHO DE CORRENTE do transístor (em termos simples, "o **quanto** ele é capaz de amplificar"...). Se chamamos a CORRENTE DE COLETOR de "Ic" e a de BASE de "Ib", podemos organizar uma formulinha simples (e importante...):

$$\frac{Ic}{Ib} = \text{ganho (fator de amplificação)}$$

No caso do exemplo citado, podemos fazer os cálculos:

$$\frac{0{,}1}{0{,}001} = 100 \quad \text{ou} \quad \frac{0{,}2}{0{,}002} = 100$$

O **ganho** (fator de amplificação de corrente) do tal transístor é, portanto, de "100". Esse é um IMPORTANTE parâmetro de qualquer transístor, sobre o qual falaremos mais logo adiante, quando relacionarmos os LIMITES do componente, e suas interpretações...

- **FIG. 4-B** - O mesmo arranjo de polarizações mostrado na fig. 4-A, porém com a estrutura interna do transístor NPN vista em blocos semicondutores. Comparar com o diagrama 4-A, para entender bem a "coisa"...

- **FIG. 4-C** - Ainda o **mesmo** arranjo, porém agora "desenhado" em símbolos (exatamente como aparecem - e aparecerão, nos esquemas de circuitos mostrados em ABC...). Comparar e relacionar bem os três diagramas da fig. 4, de modo a "sentir" o comportamento e os "caminhos" da corrente num circuito transistorizado, mesmo a partir da informação visual de um simples esquema (isso é importante, para que o Leitor/Aluno comece a "pensar eletronicamente"...).

- **FIG. 5** - Tudo o que já vimos, na fig. 4, porém agora mostrado com um transístor PNP! Em 5-A num diagrama de "diodos internos", em 5-B com a estrutura semicondutora interna e em 5-C no chamado diagrama esquemático (em

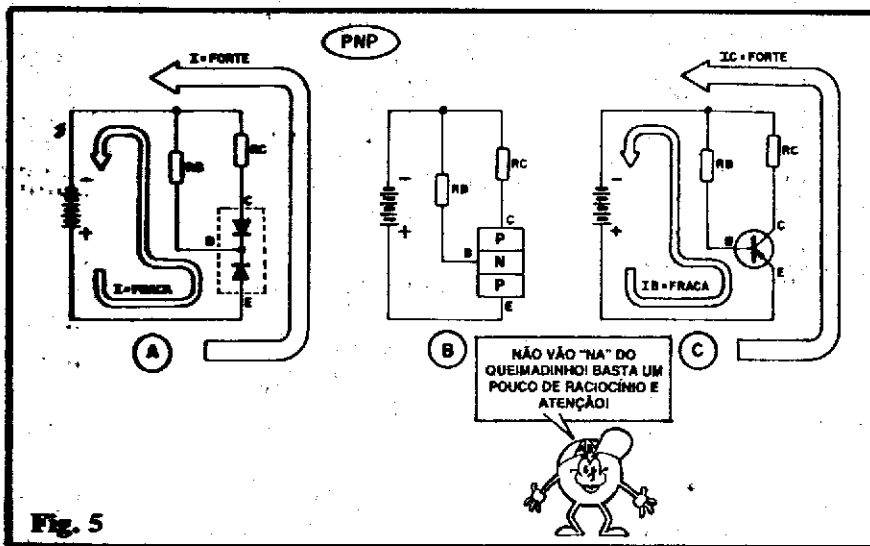



Fig. 5

símbolos...). NOTAR (e isso É **IMPORTANTE...**) que, devido às **polarizações** invertidas dos diodos **internos**, para obtermos o **mesmo comportamento** já estudado na **figura** anterior (quanto ao transístor **NPN**), tanto a POLARIDADE **DA** ALIMENTAÇÃO (pilhas) **como** os SENTIDOS DAS CORRENTES devem ser, todos, **invertidos**! Simplificando, num transístor PNP, para obtermos uma **forte** (**relativamente**) corrente entre COLETOR e EMISSOR, precisamos polarizar seu terminal de BASE (via resistor/limitador RB) ligando-o ao **negativo** da alimentação ou fonte (pilhas). Observar que, tirando essas "inversões" de polaridade (necessárias, já que o "sanduíche" semicondutor interno **é inverso** com relação ao do transístor NPN). o **comportamento de** um transístor PNP é **idêntico ao** de um NPN.

OS LIMITES E PARÂMETROS DOS TRANSÍSTORES

Por questões inerentes aos **seus** próprios materiais de construção, e à sua confecção industrial, é inevitável que **todos** os componentes eletrônicos ou elétricos, passivos ou ativos, semicondutores ou não, apresentem LIMITES ou parâmetros, mínimos e máximos de funcionamento, quanto às diversas **grandezas** elétricas que **podem** manejar (CORRENTES, TENSÕES, FREQUÊNCIAS, POTÊNCIAS, etc.). Até uma simples chave interruptora, "liga-desliga", que controla aí, a lâmpada do teto da **sua** sala, tem LIMITES técnicos e parâmetros a serem respeitados! Se o Leitor/Aluno olhar com atenção o corpo do tal interruptor, ou o Manual do fabricante, encontrará lá tais limites... Por exemplo: "250V - 10A", indicando que a tal chave **pode** realizar o seu trabalho controlando TENSÕES de **até** 250V e CORRENTES de **até** 10A. Quem for do tipo "São Tomé" (só acredita **vendo...**) e quiser experimentar o tal interruptor/exemplo sob uma corrente de 20A, mais cedo ou mais tarde (provavelmente "mais cedo"...) terá uma peça completamente "frita" (além de outras coisinhas agradáveis, como incêndio na casa, e por aí...).

TRANSÍSTORES **também** têm seus limites e parâmetros, que **devem** ser rigorosamente respeitados e considerados, em **qualquer** aplicação circuital (mesmo as mais simples...) de modo a proporcionar um funcionamento confiável (e também para que não terminem inutilizados por excesso de Tensão, Corrente ou Potência...). Como são componentes bem mais complexos do que simples RESISTORES ou CAPACITORES, os TRANSÍSTORES têm **mais** parâmetros a serem considerados... A seguir mostramos, um por um, os **principais** limites e características técnicas dos transístores bipolares, com a sua abreviação, "tradução" e explicação...

- **IC (máx.)** - É a **máxima corrente** (geralmente indicada, nas Tabelas, em Ampéres ou Miliampéres) de COLETOR que o transístor pode manejar. Se tal parâmetro for excedido, o componente aquecerá, entrando num processo de "avalanche" (quanto mais quente, mais corrente, quanto mais corrente, mais quente...) até "queimar-se". Como é um limite que **não deve** ser ultrapassado, temos, em qualquer projeto ou circuito, que adotar certos procedimentos ou "truques" para mantê-lo dentro do "suportável" pelo transístor: (1) colocar entre o COLETOR e a linha da alimentação (**positivo** para os NPN e **negativo** para os PNP...) um RESISTOR (chamado de RESISTOR DE CARGA, ou RESISTOR DE COLETOR - RC), cujo valor deve ser calculado para **manter** a corrente de COLETOR dentro do valor de IC (max.) (2) Considerando o fator da amplificação (ganho) do transístor, manter a corrente de BASE num nível restrito, através do(s) conveniente(s) RESISTOR(ES) DE BASE (também chamado de RESISTOR DE POLARIZAÇÃO). A idéia é dimensionar a corrente de BASE de modo que, **multiplicada pelo ganho**, proporcione uma corrente de COLETOR **dentro** dos limites de IC (máx.). (3) Dimensionamento da tensão de alimentação: pela "velha" Lei de Ohm, sabemos que a **corrente** que circula por qualquer componente ou arranjo circuital **é diretamente proporcional** à **tensão** aí aplicada... Mantendo tal tensão dentro de limites "saudáveis", também as correntes (incluindo aí a CORRENTE DE COLETOR) ficarão "dentro" dos limites aceitos pelo transístor.

- **FAIXA DE LIMITES** - A máxima corrente de coletor, dependendo do componente, da sua fabricação e destinação, pode variar desde uns poucos miliampéres até dezenas de ampéres. A título de exemplo, enquanto um BF198 admite um IC (max.) de apenas 20mA, um TIP3055 pode "suportar" um IC (max.) de até 15A...

• **VCE (max.)** - Máxima tensão aplicável entre COLETOR e EMISSOR do transístor. Esse também é um limite do tipo "definitivo", ou seja: se ultrapassado pode inutilizar o componente, pelo rompimento das suas junções semicondutoras internas. Existem pelo menos duas maneiras básicas de manter tal parâmetro dentro dos limites: (1) não usar uma fonte de alimentação com tensão superior a VCE (max.). Dessa maneira, sob nenhuma hipótese o transístor receberá, entre COLETOR e EMISSOR, uma "voltagem" além do "suportável". (2) Se o projeto do circuito, como um todo, **exigir** tensões elevadas na alimentação (outros blocos do circuito poderão, no caso, necessitar de "voltagens" mais "bravas" para seu funcionamento...) devemos recorrer a divisores de tensão resistivos, de modo a apresentar ao transístor apenas a "voltagem" que "ele gosta", não mais...

- **FAIXA DE LIMITES** - Transístores são construídos em ampla faixa de valores para VCE, na medida necessária para as diversas aplicações circuitais. Como exemplos, enquanto um AC126 só "aguenta" até 12V, um TIP51 pode trabalhar com VCE (max.) de até 250V.

• **hFE** - É o **ganho**, ou fator de amplificação de corrente contínua (a amplificação de sinais alternados guarda, contudo, estreita relação com o hFE...) do componente. Já vimos, no começo da presente "Lição", que o **ganho** nada mais é do que o **número de vezes** que o componente pode "multiplicar" a sua corrente de BASE, manifestando o resultado na corrente de COLETOR. Exemplificando: se determinado transístor, em situação "estática" (alimentado e polarizado, sob corrente contínua) apresenta uma corrente de COLETOR de 1A e a sua corrente de BASE, medida nas mesmas condições, é de 5mA, o seu **ganho** (hFE) é de 200 (1.000mA divididos por 5mA...). Ao considerar tal parâmetro, o Leitor/Aluno **não deve esquecer** de algumas "coisinhas": UM TRANSÍSTOR NÃO PODE "FABRICAR CORRENTE" e o limite **IC (max.) não pode** ser ultrapassado, às expensas do **ganho**...

- **FAIXAS DE LIMITES** - Conforme explicamos lá adiante, na Seção "ARQUIVO TÉCNICO", o hFE é um parâmetro também extenso em seus limites, dependendo do transístor e do seu tipo de aplicação. Como exemplos, enquanto um transístor de alta potência, como o TIP3055 mostra em hFE de apenas 15, um BC548 (pequena potência) pode apresentar ganho de até 800! Existem "transístores" com **super-ganho**, mas tratam-se, na verdade, de arranjos "Darlington" (veremos isso mais à frente, no nosso "Curso"), com fatores de amplificação superiores a 1000 (alguns chegam a 10000 ou mais!).

• **P (tot)** - É a dissipação (normalmente indicada em Watts ou Miliwatts) total máxima de potência, incluindo aí a "disponibilidade" de potência normalmente recolhida no seu COLETOR, **mais** a dissipação ocorrida no próprio transístor. Desse parâmetro infere-se outro, o **Pc (max.)**, que é a máxima potência de COLETOR, já "descontada" a dissipação intrínseca do próprio componente. Esse **Pc (max.)** é a parte "aproveitável" de **P (tot.)**. Para máxima segurança do componente, nunca devemos exigir dele uma potência próxima de **P(tot.)**, restringindo-se, na prática, a uma dissipação efetiva em torno da **metade** do seu limite máximo, para utilização **real** na carga controlada pelo componente. O Leitor/Aluno deve lembrar (ver "Aula" do ABC nº 1) que Potência (em WATTS) é o **produto** da Tensão (em VOLTS) pela Corrente (em AMPÉRES), e assim, dois importantes parâmetros resultam ou relacionam-se diretamente com **P (tot.)**, o IC (max.) e o VCE (max.)... Uma elevada tensão entre COLETOR e EMISSOR, mais uma alta corrente de COLETOR, inevitavelmente levam a um alto P (tot.) e a uma grande Pc (max.). Assim como outros parâmetros dos transístores, P (tot.) é um limite "definitivo" que, se ultrapassado, "torrará" o componente! O uso de dissipadores ou radiadores externos de calor (falaremos disso ainda na presente "Aula") torna-se quase que obrigatório nos transístores que devam manejar potências elevadas, de modo a não incorrer no fenômeno da "avalanche térmica".

- **FAIXA DE LIMITES** - A potência ou dissipação máxima é também um parâmetro muito variável, de componente para componente, dependendo do "destino" ou aplicação para ele determinada. Só para o Leitor/Aluno ter uma base, um BC237 pode dissipar até "míseros" 100mW, enquanto que um "taludo" TIP3055 pode manejar uma potência total de até 90 watts!

• **f** - Frequência máxima de funcionamento (obviamente manejando sinal alternado...), normalmente indicada, nas Tabelas, em Megahertz (milhões de ciclos por segundo). Dependendo das suas características construcionais internas, um transístor pode trabalhar sob várias gamas de frequências máximas, porém ocorre um fenômeno que **sempre** deve ser considerado, nos projetos e **análises de** circuitos: **quanto maior a frequência** na qual "obrigamos" um transístor a trabalhar, **menor será** o seu **ganho** real. Existe, então, um "sub-limite" a ser respeitado, que é a chamada **FREQUÊNCIA DE TRANSIÇÃO**, ou seja: a velocidade de trabalho na qual o ganho do componente se reduz a "1" (não **amplifica** mais a corrente...).

- **FAIXA DE LIMITES** - Dependendo do seu "destino" ou aplicação específica, transístores podem apresentar uma **f** desde poucos Megahertz (um TIP51, por exemplo, "perde" o seu ganho a partir de 2,5MHz) até centenas de MHz (ou BF199 apresenta ganho aproveitável até 550MHz)!. Existem ainda transístores para super-alta frequência (UHF), capazes de operar satisfatoriamente em velocidades de milhares de Megahertz, porém sua aplicação

foge ao escopo básico do nosso "Curso", ainda que, eventualmente, falemos deles, no futuro...

AINDA SOBRE OS PARÂMETROS E LIMITES

Existem **outros** limites a serem considerados, porém apenas válidos para abordagens técnicas muito profundas e específicas, que vão além das intenções básicas do "Curso" do ABC... Se, em qualquer momento das futuras "Aulas", surgir a necessidade de se levar em conta tais parâmetros mais específicos, eles serão explicados e analisados... Por enquanto, para não "embananar" a cabeça do Leitor/Aluno, consideramos como SUFICIENTE os dados apresentados...

Um ponto, contudo, MUITO IMPORTANTE, e que o Leitor/Aluno deve considerar **sempre**, é a rigorosa INTERDEPENDÊNCIA dos limites de um transístor: nenhum deles pode ser "violado" ou ultrapassado às expensas de **outro** limite! Um exemplo típico (o iniciante sempre "cai" nesse tipo de raciocínio enganoso...): um determinado transístor apresenta um ganho (hFE) de 500 e assim pressupomos que, aplicando-lhe uma corrente de BASE de 5mA podemos obter uma corrente de COLETOR de 2,5A (2.500mA, ou 5mA vezes 500...). Acontece que o parâmetro IC (max.) de tal transístor "diz" 1A... Então, no caso, **não é possível** obter a tal corrente de COLETOR na casa dos 2,5A, ainda que o hFE, "matematicamente", indique tal "possibilidade"...! Essa "armadilha" vale para qualquer outra inter-relação de parâmetros e limites, e o Leitor/Aluno deve sempre ter todo o cuidado e bom senso, na eventual implementação de experiências ou "invenções".

- **FIG. 6** - Correntes e Tensões num transístor sob funcionamento. Em futura (breve...) "Aula", aprenderemos as importantes MEDIÇÕES (e seus "instrumentos", os MEDIDORES...) que podem e devem ser feitas nos componentes e circuitos, para uma perfeita análise de funcionamento. A título de exemplo básico, a fig. 6 mostra, em (A) um arranjo típico amplificador de C.C. para transístor NPN, e em (B) o equivalente para um transístor PNP. Essa configuração "clássica" é chamada tecnicamente de circuito em EMISSOR COMUM (o terminal de EMISSOR "serve" tanto ao bloco de "entrada", como "retorno" à corrente de BASE, quanto ao bloco de "saída", para retorno da corrente de COLETOR, comandada pelo transístor...). Na figura, as setas indicam o sentido convencional da corrente (do positivo para o negativo) em suas várias "ramificações" ou caminhos... As mais importantes GRANDEZAS a serem **medidas, calculadas** ou **conhecidas**, dentro do aspecto dinâmico de um transístor (ou seja: o "bichinho" **em funcionamento**...), são:

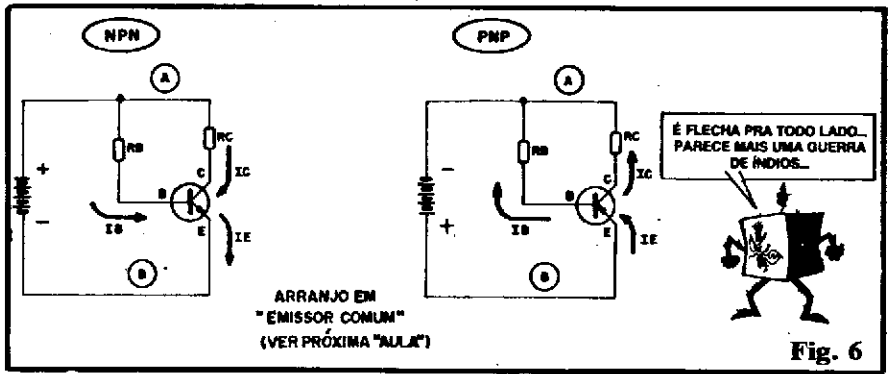



Fig. 6

- **IB** - Corrente de BASE (determinada pela tensão de alimentação e pelo resistor ou resistores de polarização de BASE, RB).
- **IC** - Corrente de COLETOR (que se desenvolve sobre a "carga" de COLETOR, no caso RC).
- **IE** - Corrente de EMISSOR (é a "soma" das correntes IB e IC.
- **RB** - Resistor(es) de BASE ou de "polarização". Embora a figura mostre apenas um resistor, interligando à BASE à linha de alimentação da conveniente polaridade, em muitos circuitos (como veremos no futuro), essa polarização pode ser obtida de maneira "composta", através de divisores de tensão com mais de um resistor, além de outros arranjos específicos.
- **RC** - Resistor de COLETOR (ou "carga" de COLETOR).
- **VCE** - Tensão medida entre o COLETOR e o EMISSOR do transístor. Notar que, em função da presença de RC, a tensão de VCE, embora proporcional à de alimentação, nem sempre é igual a esta, uma vez que o "estado" momentaneo do próprio transístor determina, em conjunto com RC um **divisor de tensão**.
- **VB** - Tensão de BASE, medida entre esta e a linha de "terra" (B) da alimentação. Para que um transístor possa funcionar corretamente como AMPLIFICADOR, essa tensão tem valores mínimos e máximos a serem considerados (estudaremos na próxima "Aula"...).

Outros pontos ou "nós" de medição podem tornar-se necessários à análises mais detalhadas de funcionamento. Falaremos sobre tais casos se e quando necessário...

O TRANSÍSTOR COMO "CHAVE" (SUA APLICAÇÃO MAIS "BRUTA" E SIMPLES...)

Nas próximas "Aulas" falaremos com detalhes sobre a utilização dos transístores como AMPLIFICADORES, OSCILADORES, etc. nas funções mais "nobres" para as quais foram criados... Para o Leitor/Aluno ir já "sentindo" as possibilidades desse fantástico componentezinho, vamos dar uma "canja", baseada no que já foi visto, sobre o comportamento do transístor:

- **FIG. 7** - O transístor como "chave" ou interruptor simples de corrente. Sabendo que, ao aplicarmos uma determinada corrente de BASE, ainda que tênue, podemos obter (através do **ganho** do compo-

Fig. 7

nente...) uma intensa corrente de COLETOR (a qual, como também já vimos, "retorna" pelo EMISSOR do transístor...), um arranjo conforme o mostrado na figura pode funcionar como se fosse um verdadeiro "interruptor eletrônico"! Sempre que fizermos contato do ponto "T" com o **positivo** da alimentação (COLETOR do transístor), o conjunto agirá como uma "chave fechada" (ou "interruptor ligado"). Já com o ponto "T", livre (sem ligação), ou mesmo conetado à linha do **negativo** da alimentação, teremos o equivalente a um "interruptor desligado"! O circuitinho **é funcional** e nele podem ser aplicados diversos transístores para baixa frequência, com ganho médio ou alto, baixa ou média potência. ATENÇÃO aos limites, contudo: a tensão geral da alimentação "comandada" deve ficar entre 3 e 15V (sob a qual uma corrente de BASE entre menos de 1mA e cerca de 3mA poderão transitar através do RB de 4K7...) e a máxima corrente que o arranjo **pode** manejar deve situar-se em torno da **metade** do parâmetro Ic (max.) do transístor utilizado.

Notar que a aplicação diagramada na fig. 7 é a forma mais "crua" e simples de **amplificação**, tipo "tudo ou nada", ou seja: leva o transístor do CORTE (praticamente nenhuma corrente de COLETOR pode ser obtida, com o ponto "T" livre...) à SATURAÇÃO (máxima corrente de COLETOR, "recolhida" no EMISSOR, quando o ponto "T" está positivamente polarizado...).

Em futuras explicações, veremos que "entre" a SATURAÇÃO e o CORTE, podemos polarizar um transístor na chamada CURVA ou PONTO de amplificação linear, condição em que passamos a obter a real proporcionalidade entre as correntes de COLETOR e BASE, necessária em utilizações mais "nobres"... Aguardem!

PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS COM TRANSÍSTORES

Como já é costume aqui em ABC, toda "Lição" teórica recebe o acompanhamento de Experiências comprobatórias, através das quais o Leitor/Aluno vai verificando, "ao vivo e em cores", os aspectos abordados quanto ao funcionamento, comportamento e limites dos componentes e também, pouco a pouco, "intuindo" **como** os arranjos circuitais são desenvolvidos (na verdade, a soma dos conhecimentos adquiridos com as EXPERIÊNCIAS, mais o acompanhamento da parte de TEORIA, forma um verdadeiro "Curso Prático de Projetos Eletrônicos", facilitando ao Leitor/Aluno, lenta, porém seguramente, tentar **criar** suas próprias soluções e circuitos, simples a princípio, porém que inevitavelmente crescerão em complexidade e sofisticação, à medida que o Leitor for "tomando confiança"...).

Nas duas EXPERIÊNCIAS da presente "Aula", o Leitor/Aluno verificará, inicialmente, os "diodos internos" dos transístores, comprovando a existência e o "estado" das junções semicondutoras que formam esse importante componente; e, em seguida, terá uma idéia (com "confirmação visual") de como o transístor realiza a amplificação da corrente.

Os componentes necessários às EXPERIÊNCIAS são poucos e de baixo custo, além do que (como é norma por aqui...) serão utilizados em interligações basicamente **sem solda**, proporcionando o seu pleno reaproveitamento em experiências futuras ou mesmo em aplicações práticas, aqui publicadas, ou "inventadas" pelo Leitor/Aluno (não está fácil, reconhecemos, mas aqui tentamos, **ao máximo**, "preservar os bolsos" da turma, que a "coisa está **black**"...).

- **FIG. 8-A** - Esqueminha do circuito para a primeira EXPERIÊNCIA/teste... Como o Leitor/Aluno assíduo já está "careca" de saber, um **esquema** nada mais é do que um "mapa" ou uma representação simbólica do circuito **real**... Está, para o circuito "mesmo", como uma "planta" está para uma casa! Nessa EXPERIÊNCIA vamos construir um pequeno instrumento de teste; que nos permitirá verificar a existência e comportamento dos "diodos internos" (junções PN ou NP) de um transístor bipolar comum. Para tanto, basta um LED indicador, em série com um resistor limitador (470R) e mais uma pequena fonte de energia (pilhas - 3V). Com esse arranjo simples, porém funcional e extrema-

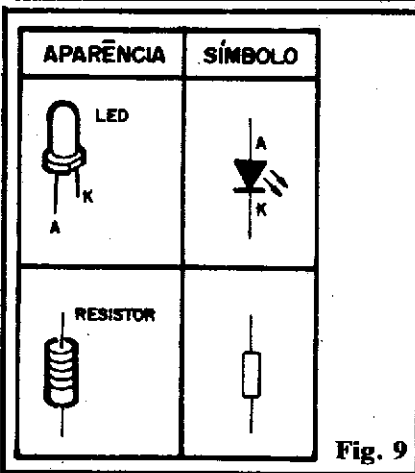
Fig. 8

mente útil, conseguimos um verdadeiro PROVADOR DE CONTINUIDADE POLARIZADO, ou seja: um dispositivo capaz de nos indicar se a corrente **está ou não** "passando", via terminais de teste (+) e (-), além de determinar o "sentido" em que tal corrente pode ou não pode transitar com relativa liberdade.

- **FIG. 8-B** - Diagrama de montagem do circuitinho da EXPERIÊNCIA. Para que as coisas sejam feitas **sem solda** (em caráter provisório, porém "firme"...) usamos como substrato uma barrinha de conetores parafusáveis tipo "Sindal", à qual o LED, o único resistor e as pilhas, são ligadas facilmente. Observar com cuidado as **polaridades** do LED (terminais A e K) e do suporte de pilhas (fio **vermelho** é o **positivo** e fio **preto** o **negativo**, SEMPRE...). As "pontas de teste" (também **polarizadas**, observar bem...) nada mais são do que fios com o isolamento removido na ponta... Para um "auto-teste" de verificação do próprio circuitinho, basta encostar um ao outro os extremos "desencapados" dos dois fios de "teste". O LED deve acender, cada vez que ocorre esse "toque"...

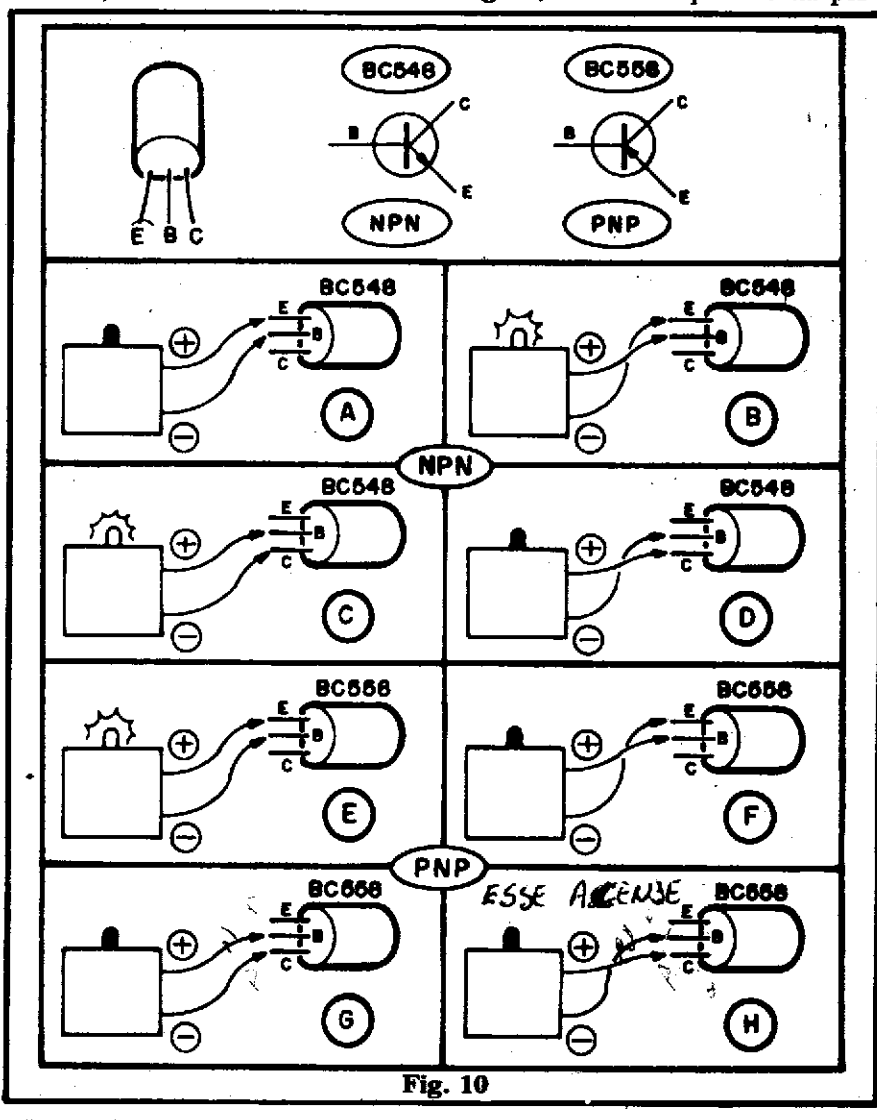
- **FIG. 8-C** - Para simplificar o "visual" da sequência de EXPERIÊNCIAS, nas próximas figuras o circuitinho aparecerá estilizado da maneira mostrada. Aquele "redondinho" em cima da "caixa" rotulada como "TESTE" representa o LED indicador... Se estiver "branco" significará "LED ACESO". Se estiver "preto", representará "LED APAGADO", certo...?

- **FIG. 9** - "Visual" e símbolo dos componentes do mini-circuito. Tanto o LED quanto o resistor são vistos em detalhes, devendo o Leitor/Aluno lembrar que o LED tem terminais **polarizados** e que devem ser identificados **antes** de serem ligados... Quem for muito "esquecido" deve consultar a Revista/"Aula" nº 5. Quem não tiver as "Aulas" anteriores deve, imediatamente, solicitar as Revistas nº 1-2-3-4-5 (tem um Cupom

Fig. 9

de solicitação por aí, em outra parte da presente Revista, para isso...) já que essa parte inicial do "Curso" do ABC é **absolutamente imprescindível** para o perfeito entendimento da presente "Aula" (e também de **todas** as futuras "Aulas"...).

- **FIG. 10** - Sequência da EXPERIÊNCIA e comprovações. O que vamos verificar são as junções semicondutoras internas de um transístor comum, seja NPN, seja PNP. O Leitor/Aluno assíduo já terá adquirido, para EXPERIÊNCIAS anteriores, pelo menos um transístor BC548 (NPN) e um BC558 (PNP). No primeiro quadro da fig. 10 temos a **aparência** e os **símbolos** desses dois transístores/exemplo (observar a "setinha de EMISSOR" e a sua diferença de sentido, nos dois símbolos...).

- **VERIFICANDO AS JUNÇÕES DE UM TRANSÍSTOR NPN** - Coloque o terminal de teste (+) no EMISSOR (E) **do transístor** BC548, e o **terminal de teste** (-) no terminal B do **transístor**. O LED indicado **permanecerá apagado**, indicando que não há per-

Fig. 10

curso de corrente (a junção está inversamente polarizada). Conforme mostra o quadro B, inverta as conexões de teste: terminal (+) no B do transístor e terminal de teste (-) no E do BC548... O LED agora **acende**, indicando que há percurso para a corrente, já que a junção está diretamente polarizada...

- Analisando agora a junção B-C (BASE/COLETOR) do mesmo BC548 (NPN). Com o terminal de teste (+) na BASE (B) e o terminal de teste (-) no COLETOR (C), o LED indicador **acende**, já que a junção, diretamente polarizada, permite a passagem de corrente. Invertendo-se a condição (quadro D), com o teste (+) no terminal C do transístor, e o teste (-) no B do BC548, o LED fica **apagado**, pois a junção B-C do transístor, agora inversamente polarizada, não permite o livre trânsito da corrente de acendimento do dito LED...

- **VERIFICANDO AS JUNÇÕES DE UM TRANSÍSTOR PNP** - Usando agora como "cobaia" um transístor BC558, reproduza os testes ilustrados nos quadros E-F-G-H e tire as suas conclusões (se não entender algum ponto, retorne à leitura da parte Teórica inicial da presente "Lição", procurando observar com bastante atenção a disposição estrutural interna dos transístores, suas junções semicondutoras ("diodos internos") e polaridades. Reveja, também, se necessário, as "Aulas" sobre os DIODOS (ABC nº 3) e LEDs (ABC nº 5).

Notar que, a grosso modo, as experiências sequenciadas na fig. 10 podem até ser interpretadas como um verdadeiro TESTE DE CONDIÇÕES para transístores bipolares comuns, ou seja: se durante os testes, o "comportamento" do LED indicador **não for** de acordo com o esperado (em função da polarização da junção momentaneamente analisada...) **alguma coisa não está certa**! O componente, nesse caso, estará com defeito. Assim, quem quiser "guardar" o circuitinho de teste (fig. 8) para uso futuro, poderá perfeitamente fazê-lo, colocando tudo numa caixinha, da qual devem sobressair apenas o LED indicador, e os fios (**vermelho** para o **positivo** e **preto** para o **negativo**) de teste. Para dar um jeito mais profissional e prático à "coisa", os terminais de teste poderão até ser dotados de **pontas de prova** (adquiríveis nas lojas de materiais eletrônicos) nas correspondentes cores!

Observar ainda que a baixa tensão de alimentação do circuitinho/EXPERIÊNCIA (3V), mais o valor relativamente alto do resistor limitador do LED (470R), proporcionam parâmetros de teste altamente **seguros**, incapazes de danificar qualquer transístor comum (bipolar), **mesmo** que ocorra um erro momentâneo nas conexões de teste (ESSE É, PROVAVELMENTE, O **PRINCIPAL** REQUISITO OU CARACTERÍSTICA PARA QUALQUER INSTRUMENTO DE TESTE OU MEDIÇÃO: PRESERVAR, ANTES DE TUDO, A "SAÚDE" DO COMPONENTE TESTADO, MEDIDO OU VERIFICADO, PREVENINDO EVENTUAIS ERROS DO OPERADOR...).

●●●●●

SEGUNDA EXPERIÊNCIA (A AMPLIFICAÇÃO DE CORRENTE)

- **FIG. 11-A** - Esquema do circuito/EXPERIÊNCIA. O transístor (no caso um NPN, tipo BC548...) apresenta, como "carga" de COLETOR, um LED (de cuja luminosidade poderemos inferir a CORRENTE nele circulando - ver "Aula" nº 5...), devidamente protegido pelo resistor de 100R (que limita a corrente máxima, de modo que nem o LED, nem o transístor, possam sofrer qualquer dano por sobre-carga). O terminal de BASE do transístor, para receber sua polarização, está primeiramente "defendido" pelo resistor de 10K (notar que com isso - VER LEI DE OHM - em nenhuma circunstância a BASE poderia receber corrente superior a 300uA, sob a tensão geral de alimentação de 3V...). Já a tensão real de polarização de BASE do transístor, pode ser determinada, dentro de ampla faixa, através do ajuste do potenciômetro de 1M (ver "Lição" sobre os RESISTORES, na 1ª "Aula" do ABC). Assim, através do giro do eixo do dito potenciômetro, podemos determinar correntes de BASE as mais diversas, observando, ao mesmo tempo, **que efeitos** isso causa na corrente de COLETOR (monitorada pelo LED).

- **FIG. 11-B** - Diagrama de montagem do circuito/EXPERIÊNCIA. Observar com cuidado as ligações dos terminais do transístor (que não podem ser invertidas ou modificadas) do LED, a polaridade da alimentação (fios que vem das pilhas...), os valores dos resistores em função das suas posições na barra e, finalmente, as ligações do potenciômetro. Notar que este último é o único componente que deverá receber prévias ligações **soldadas** aos seus terminais, que

LISTA DE PEÇAS (2 EXPERIÊNCIAS COM TRANSÍSTORES)

- 1 - Transístor BC548 (NPN, silício, baixa frequência, baixa potência, alto ganho).
- 1 - LED, redondo, vermelho, 5 mm
- 1 - Resistor de 470R (amarelo-violeta-marrom)
- 1 - Resistor de 100R (marrom-preto-marrom)
- 1 - Resistor de 10K (marrom-preto-laranja)
- 1 - Potenciômetro (linear) de 1M

DIVERSOS/OPCIONAIS

(Quem já adquiriu as peças ou "Pacotes/Aulas" para as Experiências mostradas nas Revistas anteriores, já deve ter esses itens...).

- 1 - Suporte para 2 pilhas pequenas
- 1 - Barra de conetores parafusáveis ("Sindal")
- Fio e solda para as ligações (só o potenciômetro receberá ligações soldadas...).

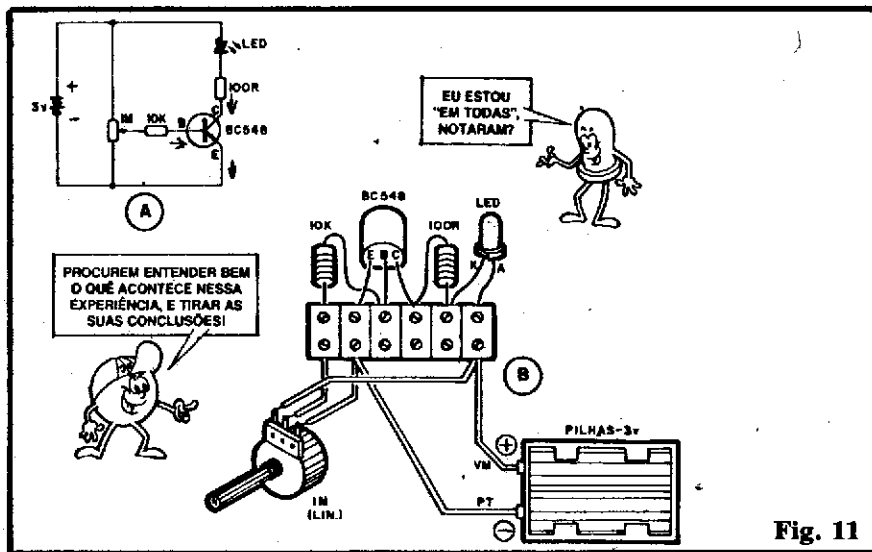



Fig. 11

deverão ser "encompridados" com pedaços de fio, para facilitar sua conexão aos segmentos da barra "Sindal". Os símbolos, aparências e identificações de terminais dos componentes utilizados na EXPERIÊNCIA, já foram exaustivamente mostrados na presente "Aula" (e também nas anteriores...), portanto, **sem moleza**: "virem-se", usem a memória, o bom senso, a atenção e o que já aprenderam, para não "dar furo" na montagem (que é simples, sem nenhum "segredo"...).

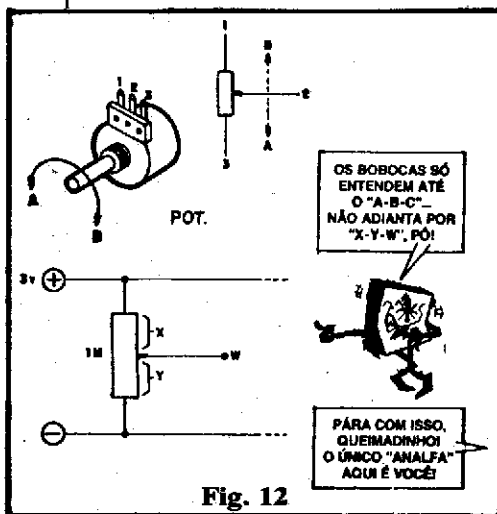
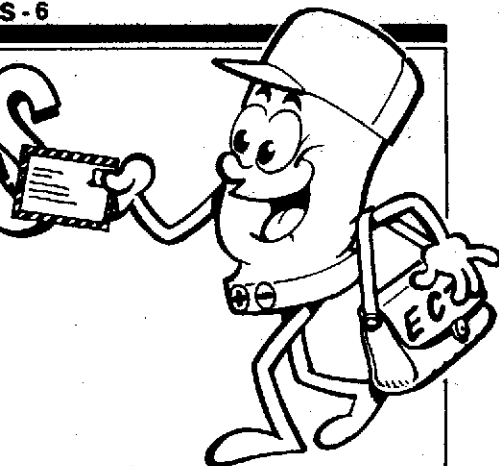
- **SEQUÊNCIA DA EXPERIÊNCIA** - Colocadas as duas pilhas no suporte, girar o eixo de atuação do potenciômetro todo para a esquerda (sentido anti-horário). O LED indicador deve permanecer apagado... Lentamente, girar o eixo do potenciômetro para a direita (sentido horário). Devagarinho, conforme o ajuste do potenciômetro for "progredindo", o LED começará a iluminar-se proporcionalmente, até apresentar brilho nítido, quando o potenciômetro encontrar-se ajustado em seu **máximo** (eixo todo girado em sentido horário). É fácil perceber que, a partir do ajuste conveniente no potenciômetro, poderá ser obtida **qualquer** luminosidade no LED, desde "nada", até "tudo".

Fig. 12

- **FIG. 12** - O que estamos fazendo, quando giramos o eixo do potenciômetro? Conforme mostra o diagrama, girando-se o ajuste para a esquerda (sentido A) o terminal 2 "aproxima-se" do terminal 3. Já girando-se o eixo no sentido B, o terminal 2 vai para perto do terminal 1... Essa ação corresponde, eletricamente, a "empilhar" dois resistores, "X" e "Y", **em série**, porém mudando à vontade os valores relativos de "X" e de "Y" (que **sempre** totalizarão, em sua soma, o valor de 1M original do potenciômetro, contudo...). Acontece que, dependendo da posição do terminal móvel central (2), o ponto "W" encontrará, na "junção dos dois resistores/série" momentaneamente estabelecidos, um valor de Tensão diferente (desde os 3V, "lá em cima", até "nenhum volt", "lá em baixo"...). Dependendo da tensão oferecida ao ponto "W", uma diferente corrente (dimensionada pelo resistor de BASE de 10K) será aplicada ao transístor, para amplificação (de acordo com o seu **ganho** ou parâmetro **hFE**...) e, consequentemente, também uma diferente corrente (rimou tudo, hem...?) de COLETOR se manifestará através do LED, mudando proporcionalmente a luminosidade por este emitida!

A EXPERIÊNCIA, então, comprova "ao vivo" a relação direta entre a corrente de COLETOR e a de BASE, conforme foi explicado no começo da presente "Lição"! É bom relembrar e definir bem; em **todo e qualquer** circuito onde esteja, o que um transístor faz é SEMPRE **amplificar corrente**, seja "radicalmente" (tudo ou nada, feito na fig. 7), seja proporcionalmente (ou linearmente, como na fig. 11).

O Leitor/Aluno "super-atento", terá notado que no "começo" do giro do potenciômetro (quando o terminal 2 deste estiver "muito perto" do terminal 3 - ver fig. 12), o LED simplesmente não se manifesta (não acende, nem um "tiquinho"...). Isso se explica pelo que já falamos (ver "Aula" sobre os DIODOS, em ABC nº 3...) sobre as junções semicondutoras: enquanto a **Tensão** não atingir cerca de 0,6V, o "diodo" BASE/EMISSOR não pode ser "vencido" e, portanto, **nenhuma** corrente de BASE se verifica! É só de 0,6V (aproximadamente...) "para cima", que o transístor entra na sua "CURVA" de funcionamento e amplificação (procurem compreender isso, observando com atenção e raciocínio, o que acontece durante o giro do eixo do potenciômetro...).

POR ENQUANTO É ISSO! Nas próximas "Aulas" os TRANSÍSTORES BIPOLARES serão "dissecados" em maiores detalhes, com abordagens sobre o seu funcionamento prático em circuitos reais, as possibilidades de acoplamento de vários transístores, as configurações circuitais mais usadas, etc. NINGUÉM PODE PERDER A PRÓXIMA AULA, NEM AS QUE SEGUIRÃO! (Não adianta vir com aquelas histórias de "- **Minha vó ficou doente**"... "- **O trem atrasou**"..., esses truques velhos). Quem "faltar", ficará de castigo, no canto da sala, ajoelhado em grãos de milho (cozidos, para não machucar muito...).

COZINHA

A Seção de CARTAS da ABC destina-se, basicamente, a esclarecer pontos, matérias ou conceitos publicados na parte Teórica ou Prática da Revista, e que, eventualmente, não tenham sido bem compreendidos pelos Leitores/Alunos. Excepcionalmente, outros assuntos ou temas **podem** ser aqui abordados ou respondidos, a critério único da Equipe que produz ABC... As regras são as seguintes: (A) Expor a dúvida ou consulta com clareza, atendo-se aos pontos **já publicados** em APE. **Não** serão respondidas cartas sobre temas ainda não abordados... (B) Inevitavelmente as cartas só serão respondidas após uma pré-seleção, cujo crivo básico levará em conta os assuntos mais relevantes, que possam interessar ao maior número possível de Leitores/Alunos. (C) As cartas, quando respondidas, estarão também submetidas a uma inevitável "ordem cronológica" (as que chegarem primeiro serão respondidas antes, salvo critério de importância, que prevalecerá sobre a "ordem cronológica"...). (D) NÃO serão respondidas dúvidas ou consultas pessoalmente, por telefone, ou através de correspondência **direta**... O **único** canal de comunicação dos Leitores/Alunos com a ABC é **esta** Seção de CARTAS. (E) Demoras (eventualmente **grandes**...) são absolutamente inevitáveis, portanto não adianta gemer, ameaçar, xingar ou fazer beicinho: as respostas só aparecerão (se aparecerem...) quando... aparecerem!

Endereçar seu envelope assim:

Revista **ABC DA ELETRÔNICA**
Seção de **CARTAS**
KAPROM - EDITORA, DISTRIBUIDORA E PROPAGANDA LTDA.
R. General Osório, 157
CEP 01213 - São Paulo - SP

"Em ABC nº 1 foi explicada a dissipação, "wattagem", potência, etc. dos resistores (inclusive com a citação das fórmulas para o cálculo)... Entendi que a Potência desenvolve-se na forma de calor, que é transferido para o ambiente... Queria saber se a temperatura do próprio ambiente ***pode*** *modificar essa transferência, se podemos usar um ventilador, ou mesmo gelo, para "refrescar" o resistor..." - Ruy Maurício de Medeiros Mikosz - Itaguaí - Rio de Janeiro.*

Pela sua carta Ruy, Você compreendeu bem a "coisa", de como o calor desenvolvido pelo Resistor, sob a passagem da Corrente, se dissipa, transferindo-se para o ambiente que o cerca! Como toda a dissipação ou transferência, esse fenômeno se dá em função de um **diferencial**, ou seja: apenas pode haver a "passagem" de calor do Resistor para o ambiente, se este último (o ambiente) estiver sob temperatura **menor** do que aquela desenvolvida no Resistor! Se - por exemplo - a temperatura desenvolvida num resistor sob corrente, for de 40º e o ambiente que o cerca estiver também a 40º (ou mais...) **não haverá** dissipação, "perda" ou transferência de calor da peça para o meio... Nesse caso, a própria estrutura física do componente deverá arcar com o calor nele gerado! Você também intuiu corretamente que **podemos** "refrescar" o resistor, forçando a ventilação com uma ventoinha ou mesmo usando fluídos refrigerantes diversos (até gelo...). Entretanto, tais condições são muito especiais e só ocorrem, na prática, em aplicações raras e super-controladas... No dia-a-dia da Eletrônica prática não há como (nem seria lógico...) "ventilar" os resistores de um circuito comum... É por isso que entra em cena a recomendação de se usar **sempre** um componente capaz de manejar, nominalmente Potências bem superiores às realmente verificadas! Com tal providência simples, o Resistor não "esquenta" (ou "esquenta" muito pouco...), evitando danos ao próprio componente, às peças que lhe estão próximas, ao substrato eletro-mecânico do circuito, etc. Não esquecer, contudo, que em Eletro-Eletrônica, existem Resistores cuja função prática é JUSTAMENTE **AQUECER**! (aqueles que tem no seu ferro de soldar, no seu chuveiro, torneira elétrica, etc.). **Nesses casos, queremos o calor desenvolvido no componente, e a quantidade dessa energia que pode ser transferida ao ambiente ou ao meio passa a depender do próprio material com o qual o Resistor/Aquecedor é feito (geralmente uma liga metálica de Níquel-Cromo...), além do seu "acoplamento térmico" (refletores de calor, difusores, "direcionadores" da radiação térmica, etc.) com o meio! Esses aspectos têm suas Leis e Fórmulas, que porém "fogem" do espírito de ABC, que trata, basicamente, de Eletrônica, componentes e circuitos, e não dessas aplicações específicas... Em alguma "Aula", ao longo do futuro do nosso "Curso", podem vir a ser abordados tais assuntos, inclusive em suas análises "matemáticas"... Aguarde.

•••••

"Acho que entendi bem as "Lições" sobre os RESISTORES, em ABC nº 1, porém tenho uma dúvida, ou melhor, uma "curiosidade"... Por que se diz que um alto-falante é de "8 ohms"...? Existirá, lá dentro do dito alto-falante um resistor de 8R...? E se isso for verdadeiro, por que um simples resistor não funciona como alto-falante...?" - José Renato Salgado - João Pessoa - PB.

Sua dúvida é perfeitamente "entendível", Zé Renato! Como muitos dos Leitores/Alunos devem ter a mesma "curiosidade", aí vão as explicações (adequadas ao nível dos ensinamentos **já dados** em ABC, de modo a não "embananar" ainda mais a cabeça da turma...): Na verdade um alto-falante (ver ABC nº 4 - Arquivo Técnico) não tem "lá dentro", um resistor de 8R... Para efeito de trânsito da Corrente, existe, no alto-falante, uma pequena bobina (enrolamento) de fio de cobre de muito baixa resistência ôhmica (normalmente fração de Ohm...). Acontece que um alto-falante destina-se basicamente, a funcionar sob corrente Pulsada ou Alternada (**não** Contínua...), uma espécie de "tradução" elétrica do SOM... Quando se diz que um alto falante é de **8 ohms**, na verdade estamos nos referindo NÃO à grandeza RESISTÊNCIA ÔHMICA, mas sim à sua IMPEDÂNCIA (que,

coincidentemente, também é medida em **Ohms**...). A IMPEDÂNCIA (que veremos em futura "Aula"...) é a oposição ou "dificultação" que um condutor, componente ou circuito apresenta à passagem de Corrente **Alternada** (ou Pulsada), basicamente referenciada a DETERMINADA FREQUÊNCIA (no caso dos componentes de Áudio, ou seja, ligados ao SOM, essa referência é 1KHz...). Essa "dificultação" especial para a Corrente Alternada, no caso do Alto-Falante, se dá porque a formação e o colapso do campo magnético desenvolvido na bobina (ver ABC nº 4) **leva algum tempo**, não é "instantânea"! Assim, um alto-falante com IMPEDÂNCIA de 8 ohms, sob Corrente Alternada de excitação de 1 KHz, "comporta-se" como um Resistor de 8R, porém se submetermos o "bicho" a uma Corrente Contínua, a Resistência será, na maioria dos casos, inferior a 1 ohm! Em futura "Aula" (não muito distante...), quando falarmos sobre os "medidores" (VOLTÍMETROS, AMPERÍMETROS, OHMÍMETROS, etc.) e aprendemos a usar esses preciosos instrumentos, os Leitores/Alunos verificarão, em medições práticas, tais fatos!

"Leitor e Aluno juramentado e fanático de ABC, desde sua primeira "Aula", venho solicitar um ensinamento prático para resolver um probleminha que me surgiu: encontrei, numa loja aqui no Rio, um lote de LEDs a preço excelente (o balconista garantiu que todos são componentes bons, embora com "preço de oferta"...). Comprei algumas dezenas, para minhas experiências, "Aulas" (e algumas "maluquices" que pretendo inventar, quando souber um pouco mais de Eletrônica, graças ao ABC...). Acontece que os componentes não apresentam nenhuma das marcações de polaridade ou identificação de terminais descritas nas "Lições" (ABC 5), já que não há o chanfro lateral indicador do terminal de ***catodo*** *(o corpo dos LEDs é quase cúbico, sem nenhum ressalto ou marca lateral...) e ambas as "pernas" são do mesmo tamanho (não dá para "achar" o* ***catodo*** *em função do "encurtamento" natural do terminal...). Eu tenho receio de inutilizar os LEDs se tentar achar as polaridades dos terminais "na louca"... Qual seria um meio prático (e barato...) de se resolver esse problema...? Segundo a loja, que consultei posteriormente,* ***todos*** *os LEDs estão perfeitos, mas tratam-se de "sobras" industriais, que vieram assim, sem marcação de polaridade..."* - *Reinaldo B. Toledo - Rio de Janeiro - RJ*

Realmente, Reinaldo, para o Leitor/Aluno atento e bom "fuçador" de Lojas e ofertas, costumam aparecer essas oportunidades de se adquirir componentes a baixíssimo preço! A **priori**, acreditamos no que disse o balconista da Loja: é comum que "sobras" ou **scraps** industriais sejam colocados à venda (em virtude de descontinuidade de linhas e produtos, que periodicamente acontecem na indústria...) a preço de sucata, tratando-se, porém de componentes **bons**, perfeitamente aproveitáveis para experiências, estudos ou montagens "descompromissadas"... A fig. 1 mostra, inicialmente, o "seu" LED, tipo "OLNI" (Objeto Luminoso Não Identificado)... A solução para o teste e identificação, também está na figura: um par de pilhas pequenas num suportinho, intercalando-se um resistor de 220R x 1/4W no fio do **positivo** (vermelho). As extremidades A e B podem, então, ser usadas com toda a segurança a "procura" das polaridades das "pernas" dos LEDs (sempre que eles **acenderem**, a "perna" ligada ao A será o **anodo** e a "perna" ligada ao B será o **catodo**...). Como Você tem muitos LEDs nas condições descritas, convém fazer uma marcação permanente para posterior identificação: basta cortar (só um pouquinho, uns 2 ou 3 milímetros, no máximo...) da "perna" identificada como **catodo** (K) com um alicate próprio e guardar os componentes para utilização futura, já com a "dúvida" resolvida!

'Pelo que ví em ABC, inclusive em algumas "antecipações teóricas", os alto-falantes são componentes ***não polarizados****, ou seja: seus terminais podem ser ligados sem preocupações de "qual é qual" (como Vocês dizem...). Numa caixa acústica que desmontei, o alto-falante, contudo, tinha claras marcações de (+) e (-) nos terminais...! Então, como é que fica...? São ou não são polarizados os terminais de um alto-falante...?"* - *Oswaldo Bonionni - Ribeirão Preto - SP*

Aquela marcação de "polaridade" que, em alguns alto-falantes, vem indicada junto aos terminais, na verdade **não se refere** a "positivo" e "negativo", tratando-se de uma codificação de FASE, informação válida apenas quando usamos, num mesmo aparelho ou circuito,

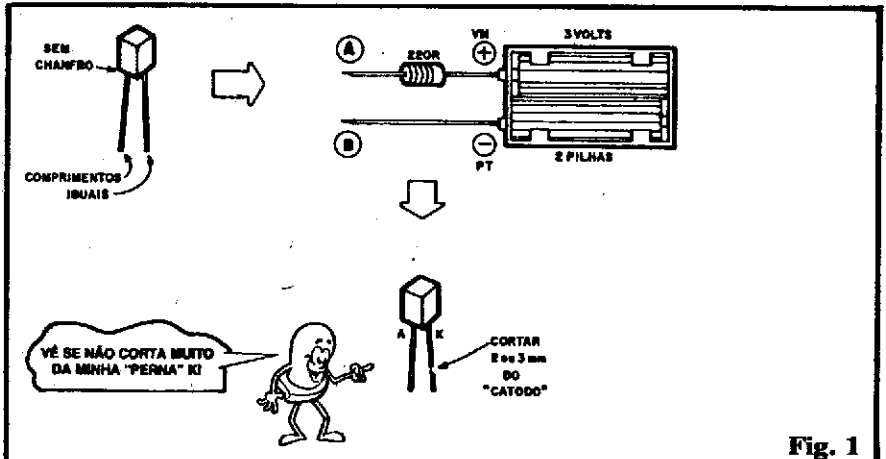



Fig. 1

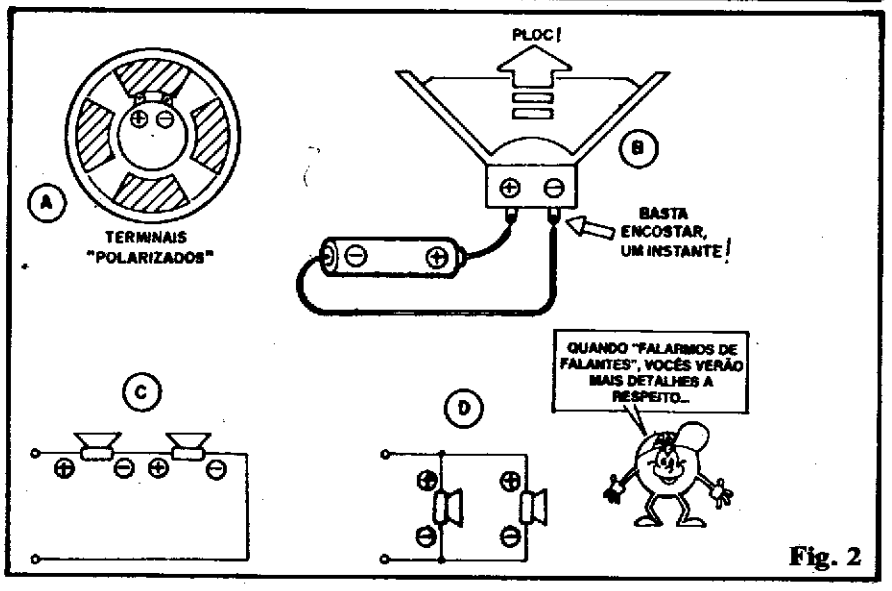



Fig. 2

mais de um alto-falante! Vejamos: dependendo do **sentido** em que a corrente aplicado aos terminais (e consequentemente à bobina que está "lá dentro" do falante...), o campo magnético eletricamente gerado, ao interligar com o campo do imã permanente, fará com que o cone (mecanicamente solidário à bobina) se desloque "para fora" ou "para dentro"... Podemos verificar tal fato, facilmente, com a disposição mostrada na fig. 2-B: uma pilhinha de 1,5V, uns pedacinhos de fio e uma breve aplicação da tensão da dita pilha aos terminais do falante... O terminal "(+)" será aquele que, quando "tocado" pelo **positivo** das pilhas, gerar um momentâneo deslocamento "para fora" no cone (junto com um som de "plóc", gerado pela passagem da corrente fornecida pela pilha...). Quando, em sistemas de som, usamos vários alto-falantes ligados a um único circuito ou "Saída", convém que todos eles estejam "EM FASE", de modo que o deslocamento dos cones se dê NO MESMO SENTIDO, proporcionando uma melhor "parede sonora" e evitando perdas puramente acústicas... Os esquemas mostrados em 2-C e 2-D, respectivamente ilustram como devem ser "casados" alto-falantes EM SÉRIE e EM PARALELO, quanto às suas FASES, de modo a obter o melhor desempenho acústico dos conjuntos! Notar, contudo, que nos dispositivos ou aparelhos (montagens mais simples, como as eventualmente já mostradas em ABC...) que utilizem apenas UM alto-falante, não há razão prática nem técnica para que a "polaridade" do dito alto-falante seja levada em conta... Aí, **pode sim**, ligar "daqui pra lá" ou "de lá pra cá", sem problemas...

FEIRA DE PROJETOS - CLUBINHOS

FEIRA DE PROJETOS - Aqui mostramos os projetos e idéias enviados pelos Leitores/Alunos. Os projetos são publicados (após seleção) do jeito que chegaram, a partir de uma simples análise "visual" da viabilidade e funcionalidade circuital. A tese da FEIRA DE PROJETOS é, portanto, promover o intercâmbio entre os Leitores/Alunos, com um mínimo de interferências por parte de ABC... Assim, não responderemos a perguntas, questões ou dúvidas sobre as idéias aqui mostradas (os Leitores/Alunos, contudo, podem - e devem - trocar correspondência entre sí, a respeito dos projetos da FEIRA: a Seção de Correspondência/Clubinhos está aí, à frente, para isso...). Esquemas, diagramas, textos e explicações devem ser - obviamente - os mais claros possíveis, que aqui ninguém é farmacêutico ou criptógrafo!

- 1 - Não é incomum que **mais de um** Leitor/Aluno surja com idéias muito semelhantes, em suas colaborações e comunicados aqui, para a FEIRA DE PROJETOS... Aconteceu, desta vez, com o Ricardo Watanabe (de Santo André - SP) e com o Alcides Del Bosco (Blumenau - SC): os circuitos, idéias, aplicações, eram **tão** parecidos que, se não fosse a óbvia distância entre as residências dos dois, e das mais do que óbvias **não relações** de parentesco entre ambos, acreditaríamos tratar-se de dois companheiros que tivessem desenvolvido a idéia em conjunto! Salvo algumas pequenas diferenças nos valores de alguns componentes (que foram devidamente "casadas" pela Equipe de ABC...), as duas idéias foram "fundidas" numa só, cujo esquema é mostrado na figura 1. O circuito do Ricardo/Alcides é um PROVADOR DE CONTINUIDADE com duas gamas de sensibilidade (idéia que amplia muito a utilização de um dispositivo de teste desse gênero, conforme veremos...). Basicamente o arranjo comporta dois transístores, em amplificação "enfileirada" (chamada, tecnicamente, de arranjo **Darlington...**) e que permite um enorme **ganho** (fator de amplificação) ao conjunto. Alimentado por pilhas (6 volts), o circuito é capaz de acionar um LED comum, indicador, a partir da "informação" mandada por duas pontas de prova, polarizadas. Com a chave CH "aberta" (posição A), a sensibilidade é **muito** alta, e o LED indicador acenderá mesmo que uma resistência ôhmica elevada (1M ou mais...) seja "vista" pelas pontas de prova... Com essa condição, podem ser testados pontos onde queremos encontrar "isolação", ou seja: que **não devam** estar fazendo contato elétrico entre sí (o LED **não deverá** acender, no teste...). Já com a chave CH "fechada" (posição B) a sensibilidade é baixa, suficiente e necessária para a verificação de continuidade elétrica em pontos, circuitos, componentes, fios, ou contatos, normalmente de **baixa** resistência ôhmica. Por exemplo: na verificação se um interruptor elétrico qualquer, "fechado", está realmente "fazendo bom contato", aplicando-se as pontas de prova aos terminais do dito interruptor, o LED indicador **deve acender** plenamente (se isso não ocorrer, ou se o "acendimento" do LED for fraco, haverá um **mau contato** interno no interruptor testado...). Como nem o Ricardo, nem o Alcides, mandou o diagrama de montagem, esse aspecto fica por conta do Leitor/Aluno que se disponha a tentar a idéia (quem acompanhou as "Aulas" do ABC desde o início, já estará apto a desenvolver suas próprias montagens), a partir do esquema, seja em barra de terminais parafusados (sem solda), seja em ponte de

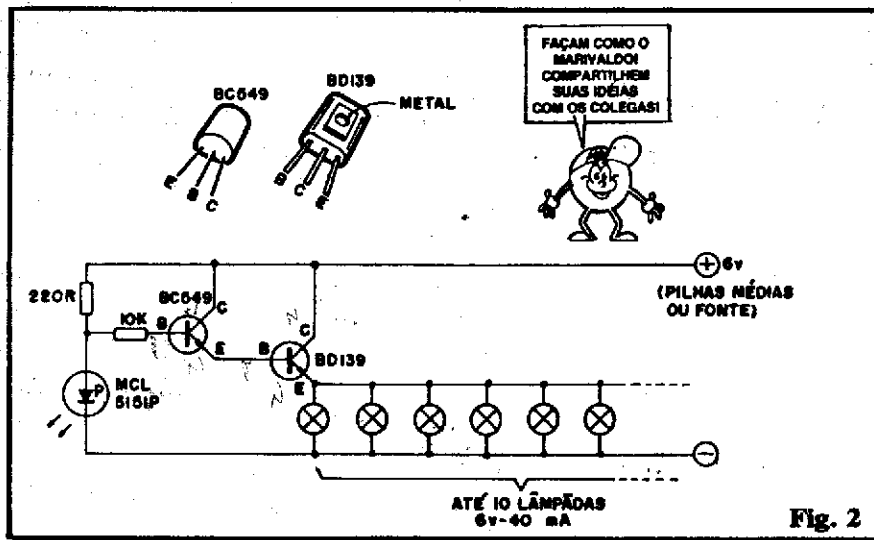
Fig. 1

terminais (soldados). Como informações complementares, a figura mostra a pinagem dos transístores utilizados (BC548), bem como uma sugestão para o "encaixamento" do provador. Um aviso final: as pontas de prova são **polarizadas** e **não podem** ser aplicadas a circuitos, componentes, junções, contatos, etc., que estejam sob tensão (o que pertubaria o provador, podendo até causar danos aos seus componentes...). Em essência, o provador destina-se a verificar se **há ou não** "continuidade" elétrica (de alta ou baixa resistência, dependendo da chave de "sensibilidade" A-B) entre dois pontos. O Leitor/Aluno atento, após algumas simples experiências e verificações, intuirá facilmente como usar e como interpretar o provador...

●●●●●

- 2 - Ao longo do seu aprendizado, aqui mesmo, através do ABC, o Leitor/Aluno notará que as "organizações" dos circuitos, ou seja: a forma ou "ordem" pela qual os componentes e peças são interligados para se obter os desejados "comportamentos" ou funcionamentos, não **são tantas assim**...! Algumas estruturas circuitais são **muito** utilizadas, "repetindo-se" com frequência, mesmo em aplicações aparentemente muito diferentes... A idéia número 2 da presente FEIRA, enviada pelo Marivaldo Nogueira, de Recife - PE, traz, no seu "coração", rigorosamente o **mesmo** arranjo transistorizado utilizado pelo Ricardo/Alcides na sua idéia (fig. 1), ou seja: um "super-amplificador" (Darlington) com dois transístores proporcionando **grande** (relativamente) corrente de Saída, em face de relativamente pequenas correntes e variações que se manifestam na Entrada do sistema! Para excitar o amplificador transistorizado, o Marivaldo aplicou um LED especial, pisca-pisca (MCL5151P), em série com o seu resistor determinador da corrente (220R). Nessa configuração simples, o MCL5151P pisca à razão de 3 vezes por segundo. As variações de tensão ocasionadas na junção do LED pisca com o resistor (pela própria ação do MCL5151P) são "transformadas" em variações de corrente, via resistor de 10K, e então aplicadas ao "super-amplificador" formado pelo BC549 e BD139. Após a amplificação, as pequenas variações de corrente se "transformam" em **grandes** pulsos, capazes de acionar até 10 pequenas lâmpadas (6V x 40mA) na Saída do arranjo! Com isso, temos literalmente **um LED controlando 10 lâmpadas**, com o resultado final de um verdadeiro "multi-pisca" de inúmeras aplicações! A alimentação do circuito fica por conta de uma tensão de 6V, proveniente de 4 pilhas médias, ou mesmo de uma fonte tipo "eliminador de pilhas" (pilhas pequenas, devido ao consumo de corrente um pouco "bravo", durarão relativamente pouco, se utilizadas na alimentação do circuito...).

Fig. 2

O transístor BD139 (cuja pinagem, juntamente com a do BC549, é mostrada na figura, como informação complementar...) é capaz de manejar confortavelmente a corrente necessária ao acionamento das (até...) 10 pequenas lâmpadas incandescentes (lembrar: 10 lâmpadas de 40mA, juntas, "puxam" 400mA, ou 0,4A...), pois trata-se de um componente para média potência... Quanto à pinagem do LED MCL5151P (e também a do LED "comum", usado no circuito da fig. 1) o Leitor/Aluno que ainda não tiver "decorado" o assunto deverá consultar Revistas/"Aulas" anteriores do ABC (quem não tiver a coleção completa de ABC **não conseguirá** acompanhar direitinho o nosso "Curso", incluindo nisso as próprias colaborações ou projetos dos Colegas...). Quanto ao circuito, conforme a sugestão do Marivaldo, pode ser aplicado a brinquedos, decorações ou avisos diversos (é só colocar a imaginação para funcionar...), lembrando que o LED especial MCL5151P emite luminosidade **vermelha**, mas as lampadinhas são "brancas", podendo, contudo, receberem refletores, difusores ou "lentes" em cores à escolha, dependendo da pretendida utilização... Como o Marivaldo também não mandou o **lay out** da montagem "real" (chapeado), Vocês terão que "se virar" na implementação (não é um "bicho de sete cabeças", e todo Leitor/Aluno assíduo conseguirá - com um pouco de atenção e cuidado - organizar as interligações dos componentes numa barra "Sindal" ou numa ponte de terminais... Para finalizar (ainda segundo as informações do Leitor/Autor...), a razão de "piscagem" das (até...) 10 lâmpadas é de aproximadamente 3 vezes por segundo (a **mesma** do MCL5151P, no circuito) e quem quiser obter um pouco mais de luz, poderá usar uma alimentação de até 9 volts, sem problemas, mesmo sendo as lâmpadas para 6V (a queda de tensão natural através do transístor BD139, mais a relativa rapidez com que as

lâmpadas acendem e apagam, permite a elas "aguentar" bem essa pequena sobre-tensão...).

- 3 - Os modernos mini-brinquedos com "miolo" eletrônico são realmente fantásticos, desde pequenos chaveiros que tocam música, bruxinhas "de bolso" que uivam lugubremente, pintinhos que "piam" na mão, e essas coisas... A grande maioria desses brinquedos funciona a partir de um **chip** (Circuito Integrado específico) especial, feito "de indústria para indústria" ao qual o Leitor/Aluno dificilmente terá acesso direto (não estão à venda, nos balcões das lojas de componentes...). Entretanto, com um pouco de criatividade, e algum conhecimento básico de componentes comuns e arranjos circuitais também simples, podemos realizar montagens de desempenho **muito** próximo daquele mostrado pelos fantásticos brinquedos modernos...! O Leitor/Aluno Miro Carlos Alvarenga, de São José do Rio Preto - SP (diz, na carta, que já é um hobbysta de Eletrônica há algum tempo, mas que está seguindo ABC para aperfeiçoar suas bases teóricas...), a partir de idéias que "aperfeiçoou", circuitos que viu em publicações e algumas experiências, criou um brinquedinho acionado pelo toque da mão, cujo esquema, montagem e sugestão para finalização encontram-se na fig. 3. No esquema vemos que dois transístores de polarização complementar (um NPN e um PNP) estão interligados de modo a formar um oscilador simples (estudaremos essas configurações numa "Aula" muito próxima do ABC...), cuja realimentação é basicamente regida por uma cápsula piezo (espécie de mini-fonte, ou mini alto-falante, feita com um cristal que pode "transformar" rápidas manifestações elétricas em SOM...). Esta, pela sua própria construção, age também como um **capacitor**, determinando uma certa constante de tempo responsável pela velocidade ou rítmo das variações ocorridas no circuito... Além disso, a cápsula piezo "manifesta" audivelmente as tais variações (emite SOM...). Dois resistores "ajudam" a polarizar os transístores e a fixar os limites da constante de tempo da realimentação (em conjunto com o "capacitor/cápsula piezo...).

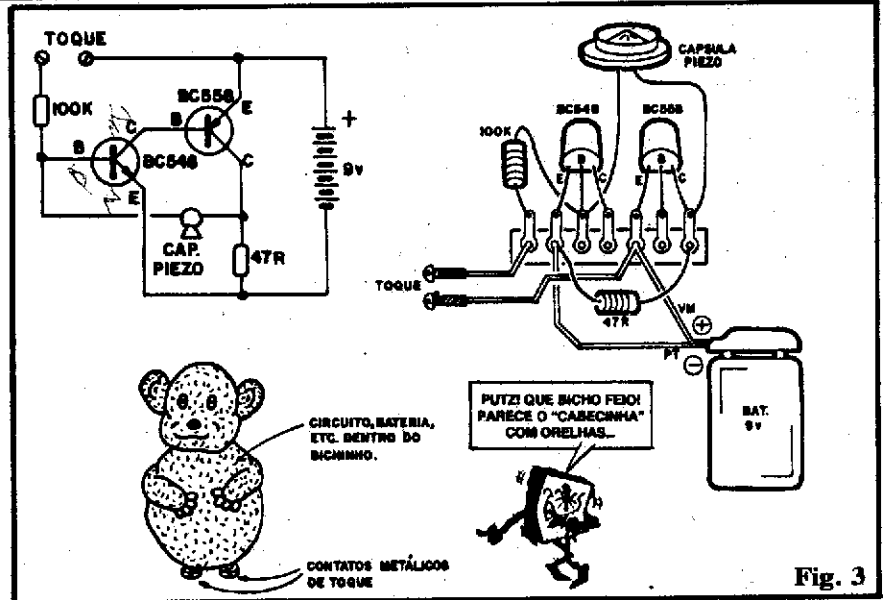



Fig. 3

Para que o conjunto entre em oscilação, contudo, é necessário que o primeiro transístor (BC548) receba a conveniente polarização **positiva** no seu terminal de **base** (B), o que só ocorre quando a pele da mão do operador toca, simultaneamente, os dois contatos (TOQUE). A resistência da pele apresenta resistência em valor suficiente para permitir a passagem dessa corrente de polarização, o que "dispara" o funcionamento do circuito, enquanto persistir tal situação de "toque"... A montagem, em sí, é muito simples, e pode ser facilmente implementada sobre uma ponte de terminais soldados (conforme figura, que reproduz as informações mandadas pelo Miro...). A alimentação (ao cargo de uma pequena bateria de 9V) é puxada sob baixíssima corrente (com o circuito "mudo", o consumo é praticamente "zero"...), o que permite **não** utilizar sequer um interruptor geral! Montado com cuidado e com intuito claro de miniaturização, o conjunto ficará suficientemente pequeno para permitir o "embutimento" num bonequinho de pelúcia ou plástico (pode-se aproveitar um brinquedinho "inerte", já existente...), conforme sugere a figura. Os contatos metálicos de toque (simples "cabeças" de parafusos curtos dão certinho...), posicionados na base (na bundinha...) do bicho, quando o brinquedo é seguro na mão, são curto-circuitados pela resistência da pele da pessoa, fazendo com que o circuito emita um "ronronar", um "ronco" que se assemelha à "vóz" do ursinho ou coisa que o valha (São informações do Miro... Nós **não** ouvimos, mas acreditamos...). Aqui vale uma sugestão nossa: quem quiser se "arriscar" a criar um Circuito Impresso com **lay out** específico para a montagem (não é difícil, já que os componentes são poucos...) poderá conseguir uma super-miniaturização do conjunto, com o que o resultado ficará ainda mais "profissional", mais parecido com um brinquedo eletrônico comercial!

CORRESPONDÊNCIA - CLUBINHOS

- Atenção, turma! Temos recebido "um monte" de correspondências para a Seção de CARTAS e para a FEIRA DE PROJETOS, porém o pessoal dos CLUBINHOS anda meio devagar... Organizem-se, "seus folgados"! Afirmamos que praticar, brincar e aprender Eletrônica **em grupo**, além de mais gostoso, costuma apresentar resultados muito bons, já que da troca de idéias e experiências (tanto entre o pessoal do próprio CLUBINHO, quanto "de um CLUBINHO para outro"...) quase sempre nascem possibilidades que um "Estudante Solitário" talvez nunca venha a perceber! O espaço está **aqui**, permanentemente aberto para os comunicados Aproveitem...

"CARAS", "PERNAS" E "CORPOS" DOS TRANSÍSTORES (APARÊNCIAS, PINAGENS, ENCAPSULAMENTOS). OS DISSIPADORES DE CALOR.

Na prática, no dia-a-dia da Eletrônica, tão importante quanto conhecer os "comos" e "por quês" do funcionamento dos transístores, bem como seus parâmetros e limites, é SABER IDENTIFICAR o "corpo" (encapsulamento) a "cara" e as "pernas" (terminais) desses componentes! Desse conhecimento baseado em dados puramente **visuais** pode depender a própria sobrevivência da peça (além de - obviamente - o **funcionamento** do circuito onde o dito cujo esteja ligado...).

Como são milhares os códigos industriais, identificatórios dos transístores disponíveis, convém que o Leitor/Aluno consiga, "numa simples olhada", tirar algumas conclusões básicas e importantes:

A) Se o componente é um transístor para BAIXA, MÉDIA ou ALTA POTÊNCIA (muita coisa pode ser inferida desse simples dado...).
B) Qual é a IDENTIFICAÇÃO dos seus terminais ou "pernas" (isso, então, nem se fala: É FUNDAMENTAL!).

O presente TRUQUES & DICAS não pretende (nem há como...) ser uma "bíblia" total e absoluta, com **todos** os dados sobre encapsulamento e pinagem dos transístores existentes (o assunto demandaria um Manual com **centenas** de páginas...). Entretanto, numa abordagem genérica, mas abrangente, aqui estão os principais dados e informações, correspondentes a cerca de 90% das peças que **podem** aparecer, hoje ou no futuro, nas montagens Experimentais ou Práticas do ABC:

•••••

A RELAÇÃO "TAMANHO/POTÊNCIA"

Assim como acontece com praticamente TODOS os componentes eletro-eletrônicos, existe uma óbvia relação entre o TAMANHO físico da peça (no caso, o TRANSÍSTOR) e a POTÊNCIA (um parâmetro que - como já vimos - deriva das TENSÕES e CORRENTES que o bichinho é capaz de manejar...). Assim, forçosamente, grandes potências **exigem** transístores maiores, fisicamente, enquanto que componentes para pequenas potências **podem** ser minúsculos...

Desde já é bom saber: **não existem** transístores do tamanho de um grão de arroz, capazes de manejar centenas de watts, e a razão disso é simples de entender: embora a "pastilha" semicondutora **possa** ser muito pequena, seu substrato físico, suporte e encapsulamento (no caso de grande potência) **têm** que ser volumosos, para proporcionar uma fácil "saída" ou "transferência" para o meio ambiente, do considerável **calor** desenvolvido durante o funcionamento!

Vamos a alguns exemplos que tipificam bem essa situação e a relação "tamanho/potência":

- **FIG. 1-A** - Transístor de pequena potência. Os mais comuns mostram a APARÊNCIA indicada na figura. O "corpo" geralmente é feito de **epoxy** (plástico) escuro, cinza ou preto, e apresenta **formato** cilíndrico, porém com um **nítido** "achatamento" lateral. Esse lado "chato" funciona como uma **referência visual para se determinar** a **ordem** das "pernas"... No caso/exemplo (um **transístor** BC548, para baixa potência, baixa frequência e alto ganho), olhando-se o transístor "pelas pernas" e mantendo-se o lado "chato" para baixo, a ordem da pinagem, da esquerda para a di-

APARÊNCIA	PINAGEM (POR BAIXO)	EXEMPLO (SÍMBOLO)
E B C CHATO (A)	E B C	B C E BC548
METAL E C B (B)	METAL B C E	B C E BD140
METAL B C E (C)	B C E METAL	B C E TIP 31

Fig. 1

reita é: EMISSOR, BASE, COLETOR (E-B-C). Comparar esses dados visuais com o símbolo do componente/exemplo, também na figura. Observar, como informação complementar, que esse mesmo "modelo" ou "corpo" de transístor **pode** apresentar OUTRAS ordens de pinagem, conforme veremos mais adiante, ainda no presente TRUQUES & DICAS (por enquanto estamos falando apenas da relação "tamanho/potência"...).

- **FIG. 1-B** - Transístor de média potência. O "corpo" já é maior, geralmente na forma retangular, também feito em **epoxy** cinza ou preto. É comum que transístores dessa "categoria" mostrem uma das suas faces recoberta por uma área metalizada (destinada a proporcionar um perfeito contato térmico com um eventual dissipador de calor - veremos mais adiante...) e apresentem um furo central (para a passagem do parafuso de fixação do tal dissipador...). O lado metalizado serve também como "referência visual" para se determinar a identificação da pinagem... No caso do componente/exemplo (um BD140, PNP, média potência, baixa frequência, alto ganho), olhando-se o transístor "pelas pernas", com o lado metalizado **para cima**, a ordem dos pinos, da esquerda para a direita, é: BASE, COLETOR, EMISSOR (B-C-E). Aqui também, é bom lembrar que dependendo do código e do fabricante, OUTRAS ordens de pinagem **podem** ocorrer, nesse mesmo "modelo" de encapsulamento. E tem mais: todos os 3 exemplos da fig. 1 são APENAS ISSO (exemplos), já que mesmo guardando a íntima relação "tamanho/potência", **outros** encapsulamentos existem (veremos alguns, adiante...).

- **FIG. 1-C** - Transístor de alta potência. Os mais comuns apresentam também um "corpo" em **epoxy** cinza ou preto, porém são dotados de uma nítida lapela ou aba metálica (com um furo centralizado, para eventual fixação de dissipador...) que recobre um lado do componente, e se "projeta" além das dimensões básicas do bloco de **epoxy**. O componente/exemplo (um TIP31, NPN, alta potência, para baixa frequência, ganho médio) tem suas "pernas" identificadas da seguinte maneira: olhando-se o dito cujo "pelos terminais" (as "pernas" voltadas para o observador...) e com a aba de metal **para baixo**, a ordem dos pinos é BASE, COLETOR, EMISSOR (B-C-E). Novamente advertimos: **existem** transístores de potência, em encapsulamento semelhante, com OUTRAS ordens ou sequências de pinagem, assim como podem ser encontrados transístores de potência com outros "desenhos" de encapsulamento (adiante mostraremos alguns...).

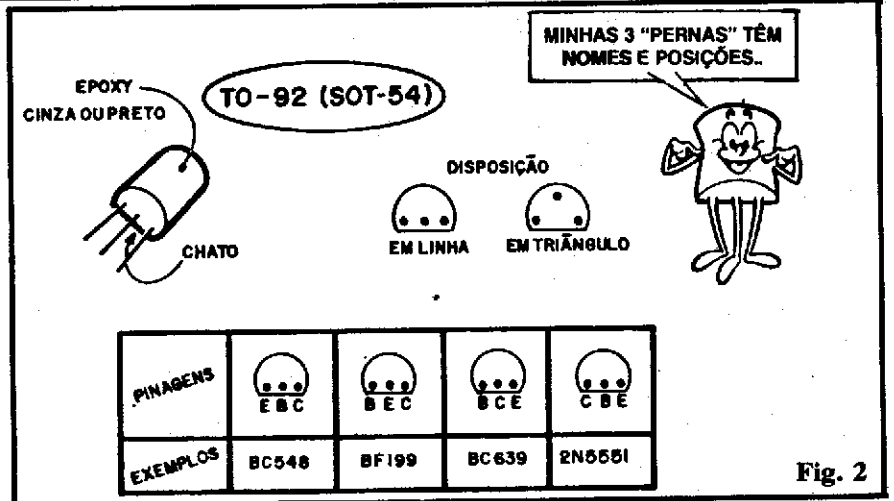



Fig. 2

●●●●●

OS ENCAPSULAMENTOS MAIS COMUNS

Algumas "embalagens" industriais (encapsulamentos) são mais comuns, quase que "universalizadas" (usadas por vários fabricantes de transístores). Convencionou-se atribuir "nomes" específicos a cada um dos modelos mais comuns de encapsulamento. Nas figuras seguintes mostramos os invólucros mais usados, seus códigos (relativos ao encapsulamento) e as disposições de pinagem mais frequentes. IMPORTANTE: conforme dissemos no início, embora os dados aqui mostrados sejam gerais e abrangentes, não "embutem" a pretensão de "totalidade", ou seja: **podem** exigir variações industriais nas configurações mostradas e que, eventualmente, não estejam incluídas nos diagramas ora apresentados...

- **FIG. 2** - Um dos invólucros mais comuns, atualmente, nos transístores de baixa potência: o modelo TO-92 (também "chamado" de SOT-54). É o tal cilindrinho de **epoxy** escuro, com um lado achatado. Os três terminais apresentam-se, basicamente, em duas configurações (mostradas na figura): **em linha** ou em "triângulo". Já quanto à **ordem** ou **identificação** da pinagem, a "coisa engrossa"! Só pelos componentes/exemplos citados na figura, já dá pra perceber que existem **pelo menos** quatro ordens diferentes de pinagem (E-B-C, B-E-C, B-C-E e C-B-E...) encontradas nesse tipo de encapsulamento.

- **FIG. 3** - Alguns dos transístores de silício mais "antigos", incluindo-se aí muitos que devam funcionar em frequências mais altas, são encapsulados num pequeno cilindro metálico, apresentando, na sua parte inferior, uma espécie de aba, que contém ainda um pequeno ressalto ou "orelha". Trata-se do "modelo" TO-18 (também "chamado" de SOT-18). Observar que a base do componente (superfície na qual estão "encastoados" os terminais) não é, obviamente, metálica (caso contrário simplesmente colocaria "em curto" os três terminais...),

mas quase sempre de **epoxy** ou mesmo vidro ou fibra plástica... Aquela "orelhinha" ou ressalto está "lá" justamente para promover uma referência visual que permita identificar as "pernas" do componente (geralmente dispostas em "triângulo"...). Olhando-se a peça por baixo (pelas "pernas"...) a "orelhinha" indica o terminal de EMISSOR (E), e a ordem, em sentido horário, é E-B-C (EMISSOR-BASE-COLETOR). Notar ainda que alguns dos transístores com encapsulamento desse tipo podem apresentar um **quarto** terminal ou "perna", simplesmente ligado à própria "casca" metálica, e proporcionando assim uma ligação de **blindagem** (conveniente, às vezes, em circuitos que operem sob frequências elevadas...).

- **FIG. 4** - Os transístores "pesados", para média ou alta potência. Conforme já vimos, os componentes para potências mais altas são, inevitavelmente, maiores... A figura mostra os quatro encapsulamentos mais comuns dentro dessa categoria dos transístores "bravos". Nos três primeiros casos (A-B-C) os "corpos" são, basicamente, de **epoxy** (plástico) escuro, porém dotados de superfícies ou abas metálicas ou metalizadas, sempre destinadas a facilitar o "resfriamento" da peça (via dissipador de calor acoplado) quando necessário... Existe também (D) um "modelo" de transístor de potência cujo "corpo" é **totalmente** metálico (normalmente utilizado pelos fabricantes em componentes que devam manejar correntes e "wattagens" realmente "bravas"...). Nesse caso, a base da peça é uma espécie de losango metálico (com furos para fixação de dissipadores, junto aos extremos mais agudos do losango...) sobre o qual fica uma carapaça, também metálica, como uma "panelinha". Na base do componente, apenas dois terminais se destacam... O terceiro terminal...? É o próprio corpo metálico da peça! A identificação, no caso, é feita assim: olhando-se o transístor "pelas pernas" (por baixo) é fácil notar que a linha imaginária dentro da qual se situam as "pernas" está "fora de centro". Colocando-se, visualmente, as pernas à esquerda do "centro", o terminal **de cima** é o EMISSOR (E) e o **de baixo** é a BASE (B). O COLETOR (C) é, eletricamente falando, o próprio corpo metálico do transístor.

●●●●●

O ACOPLAMENTO TERMO-MECÂNICO DE DISSIPADORES DE CALOR

Nos transístores para média ou alta potência **sempre** existe pelo menos uma superfície metálica, externamente acessível (isso quando o próprio "corpo" do componente já não é metálico ou não contém uma nítida lapela metálica...). É IMPORTANTE lembrar que praticamente em **todos** os transístores desse tipo as superfícies metálicas externas estão eletricamente ligadas, "lá dentro", ao terminal de COLETOR (C) do componente! Isso **deve** sempre ser levado em conta nos aspectos puramente físicos da montagem, já que, dependendo do circuito, é preciso evitar o contato dessas áreas metalizadas externas com fios ou terminais de componentes que, por razões de projeto, **não devam** fazer ligação elétrica com o COLETOR do dito transístor!

A função **real** dessas áreas metálicas externas é proporcionar uma fácil "transmissão" do calor, internamente gerado, para o ambiente, de modo a manter o componente (mais especificamente sua "pastilha" semicondutora interna...) em temperatura aceitável de funcionamento... Para tanto, em muitos casos, será necessária a presença do chamado DISSIPADOR (ou RADIADOR...) de calor, uma peça metálica de grande área relativa, fixada geralmente com parafuso e porca (ou por simples pressão...), conforme mostra a próxima figura:

- **FIG. 5** - O acoplamento do DISSIPADOR. Nos transístores maiores, usamos normalmente um conjunto formado pelo próprio DISSIPADOR metálico, uma lâmina isolante de MICA, uma bucha plástica, parafuso e porca (ver "vista explodida" na figura...). A lâmina de MICA (um mineral transparente, flexível, parecido com "celofane duro", isolante elétrico, porém "permeável" ao calor...) mais a bucha plástica, exercem o trabalho de separar, eletricamente, o corpo metálico do DISSIPADOR do próprio transístor, determinando um fator de segurança em montagens nas quais outras áreas metálicas do circuito (eventualmente até a própria caixa que o abriga...) possam "fazer curto" com o COLETOR do transístor. O conjunto (dissipador, mica, bucha, parafuso/porca) normalmente pode ser adquirido "em bloco", no mesmo varejista que fornece o transístor. Em alguns casos (quando a necessidade de dissipação não seja tão grande...), o Leitor/Aluno poderá até improvisar o radiador de calor, usando para isso uma lâmina ou placa pequena de metal, dobrada (de modo a ocupar o menor espaço possível...) e fixada ao transístor por parafuso e porca, conforme sugere a figura... Finalmente, mesmo transístores pequenos, po-

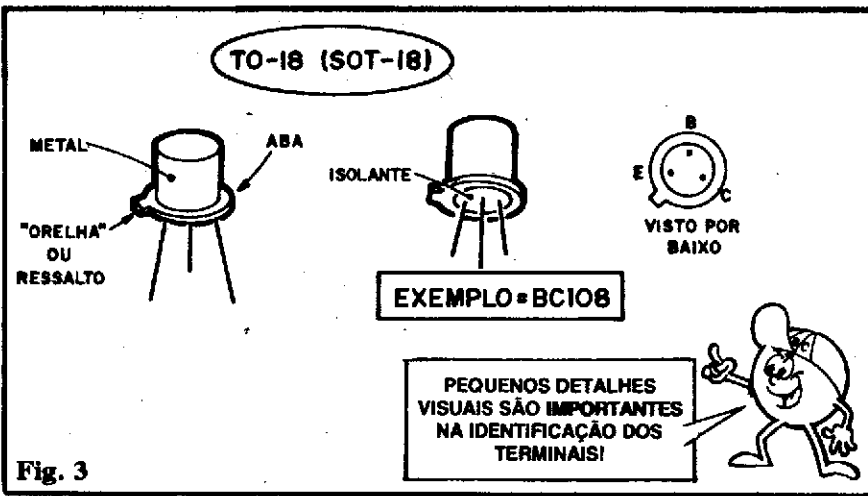



Fig. 3

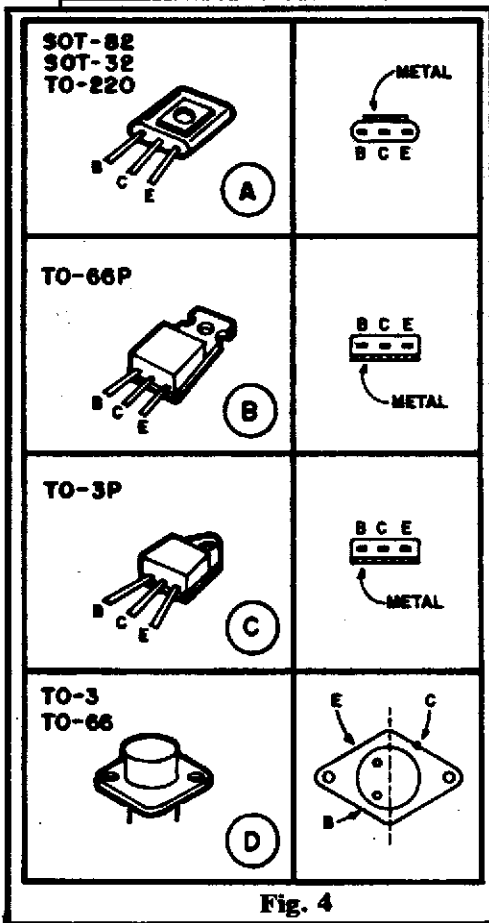



Fig. 4

dem, em algumas aplicações circuitais, requerer uma dissipação "forçada" do calor internamente desenvolvido durante o funcionamento. Para tais casos, existem radiadores específicos, que se encaixam no corpo de componente por simples pressão, ou em forma de "asa" ou em "estrela" (ver figura), normalmente aplicáveis a invólucros tipo TO-18 ou semelhantes...

Quando usar dissipadores de calor? Essa é uma questão técnica que envolve cálculos complexos, fugindo da intenção básica do ABC que é dar os "fundamentos" da Eletrônica Prática, com um mínimo de "matemáticas"... Entretanto, mesmo dentro da pura prática, existem alguns conceitos e proposições fáceis de intuir ou perceber, e que levam a uma resposta empírica, porém válida para a maioria das situações... Vejamos:

- Sempre que transístores, num circuito qualquer, devam funcionar **próximos** aos seus LIMITES máximos (de potência, corrente ou tensão) e, principalmente, por longos períodos, convém dotá-los de dissipadores, ainda que por simples "medida de segurança"...
- Os modernos transístores são industrialmente produzidos para "aguentar" temperaturas de funcionamento um tanto "bravas". Isso quer dizer que **mesmo** estando a "pastilha" semicondutora a uma temperatura relativamente alta, o componente **não** chega a perder nenhuma das suas desejadas (e esperadas...) características de funcionamento...
- Ainda assim, é **sempre** preferível fazer com que o bichinho trabalhe "frio" (ou com aquecimento moderado...). Uma regra empírica (e que **funciona...**) para determinar se o transístor está trabalhando "forçado" (em termos de potência) é simplesmente **encostar o dedo** na peça, para uma medição de temperatura na base do "dedômetro"! A temperatura sentida pelo dedo deve ser nitidamente "confortável"! Nos transístores pequenos (para baixa potência), simplesmente **nenhum** aquecimento deve ser "sentido" (mesmo que estejam um "tiquinho" mornos, alguma coisa está errada, em termos de potência e dissipação!). Transístores para médias ou altas potências **podem** funcionar, em situação **normal**, mostrando uma temperatura relativamente alta... Um bom **limite** é aquele "que o dedo pode suportar"! Se o Leitor/Aluno, ao fazer um teste de "dedômetro" num transístor de potência, sob funcionamento, tiver aquela reação automática de "tirar o dedo, rapidinho", alguma coisa vai errada em termos de potência dissipada, indicando a conveniência de se verificar ou recalcular as correntes e potências **reais** naquele setor do circuito!

●●●●●

A REGRA DA EXCEÇÃO

Demos aqui, no presente TRUQUES & DICAS, uma série de REGRAS que, contudo (como **todas** elas...) têm **exceções...** ABC não tem como, nem porque, transformar-se numa autêntica "enciclopédia" de Eletrônica! Para cada caso existem Manuais, Tabelas, **Data Books** ou "Literaturas Técnicas" específicas que tanto podem ser fornecidas gratuitamente (sob solicitação) pelos próprios fabricantes dos componentes, quanto adquiridas em Livrarias especializadas (os preços não são nada convidativos...).

Nos casos em que o "jeito" do componente for muito diferente dos exemplificados aqui, a saída é consultar o próprio balconista, no momento da compra, pedindo detalhes sobre pinagem e outros dados... Muitos fornecedores, mesmo varejistas, costumam manter Manuais de pinagens, parâmetros, características e códigos, à disposição

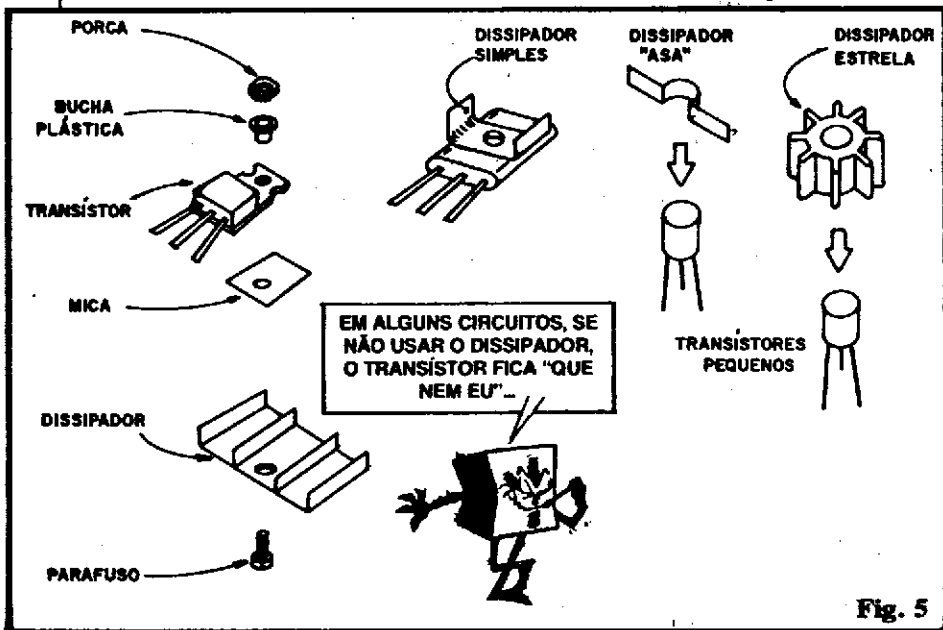
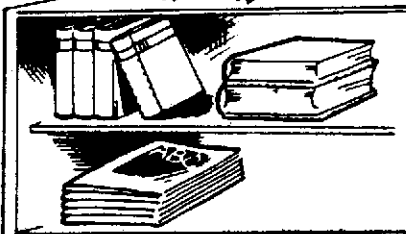



Fig. 5

INFORMAÇÕES

MINI-MANUAL - TRANSÍSTORES DE USO CORRENTE

Lá na parte Teórica, inicial da presente "Aula" do ABC, já falamos sobre os importantes parâmetros e limites dos transístores BIPOLARES, explicando o que significa cada um dos símbolos e abreviaturas correntemente usadas pelos fabricantes, nos seus Manuais. O ideal é que o Leitor/Aluno procure, assim que possa, adquirir um bom Manual "geral" dos Transístores (do tipo que inclui componentes de alta, média e baixa potência, além de listar transístores para áudio e RF - alta frequência, de **vários** fabricantes), entretanto sabemos que um livro desses não é barato (nem muito fácil de encontrar, nas cidades menores...). De qualquer maneira, é bom considerar que esse é um dos itens **mais** importantes de uma razoável biblioteca técnica e que, mais cedo ou mais tarde, não haverá saída: **tem** que conseguir um Manual!

Nós, de ABC, **sabemos** que "a coisa tá preta", e assim optamos por oferecer aos Leitores/Alunos, uma espécie de "condensação" de parâmetros dos transístores mais usados nas próprias montagens práticas e experimentais aqui mostradas! Procuramos, assim, reunir os códigos mais frequentes, em pequena, média e alta potência, baixa e alta frequência, com seus principais dados técnicos, de modo que a Tabela a seguir pode ser interpretada como um "MINI-MANUAL" de uso prático, bastante válido para esse período inicial do nosso "Curso"...

Através dos limites e parâmetros ora relacionados, o Leitor/Aluno pode "escolher" ou comparar componentes destinados a aplicações específicas ou genéricas, levando em conta que um Manual de Parâmetros é **também** (ainda que indiretamente...) uma eficiente "Tabela de Equivalências", lembrando que dois transístores **podem** se substituir mutuamente quando apresentam parâmetros idênticos (ou bastante próximos). Conhecidos os dados principais sobre o componente, a única informação "extra" necessária é a identificação dos terminais, que pode, em muitos casos, ser obtida através das informações contidas na Seção TRUQUES & DICAS da presente "Aula", além da inestimável colaboração do TESTADOR UNIVERSAL PARA TRANSÍSTORES (na Seção PRÁTICA da presente ABC...)

Enfim: o "Aluno" atento encontra, na presente Tabela, e nas demais informações Teóricas e Práticas de ABC nº 6 uma real "fonte" de consultas, para uso prático e constante, devendo a presente "Aula" ser guardada com especial carinho no Arquivo Técnico, na mini-Biblioteca do Leitor.

Ao final, alguns dados e explicações complementares serão fornecidos, sobre a interpretação dos itens indicados na Tabela...

TABELA

(TRANSÍSTORES BIPOLARES)

PEQUENA POTÊNCIA/BAIXA FREQUÊNCIA

código	mat. polar.	Vce	Ic	Ptot	hFE	f
AC126	G/P	12	100	500	125	
AC127	G/N	30	500	300	100	
AC187	G/N	15	1000	800	100	
AC188	G/P	15	1000	800	100	
BC107	S/N	45	300	360	125	150
BC108	S/N	20	300	360	125	150
BC109	S/N	20	300	360	240	150
BC237	S/N	45	100	100	220	150
BC238	S/N	20	100	220	220	150
BC307	S/P	45	200	300	120	
BC337	S/N	45	500	800	100/600	250
BC338	S/N	25	500	800	100/600	250
BC547	S/N	45	100	500	110/800	250
BC548	S/N	30	100	500	110/800	250
BC549	S/N	30	100	500	200/800	250
BC557	S/P	45	100	500	75/475	
BC558	S/P	30	100	500	75/475	
BC559	S/P	30	100	500	125/475	

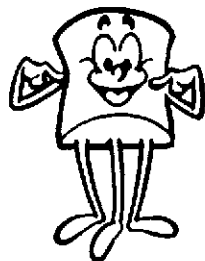
PEQUENA POTÊNCIA/ALTA FREQUÊNCIA

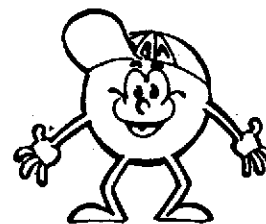
código	mat. polar.	Vce	Ic	Ptot	hFE	f
BF198	S/N	30	20	500	10	400
BF199	S/N	25	25	500	38	550
BF494	S/N	20	30	300	115	260
BF495	S/N	20	30	300	67	200

MÉDIA POTÊNCIA/BAIXA FREQUÊNCIA

código	mat. polar.	Vce	Ic	Ptot	hFE	f
AD161	G/N	20	3000	4000	50/350	
AD162	G/P	20	3000	6000	50/350	
BD135	S/N	45	1000	8000	40/250	50
BD136	S/P	45	1000	8000	40/250	50
BD137	S/N	60	1000	8000	40/250	50
BD138	S/P	60	1000	8000	40/250	50
BD139	S/N	80	1000	8000	40/250	50
BD140	S/P	80	1000	8000	40/250	50

ALTA POTÊNCIA/BAIXA FREQUÊNCIA

código	mat. polar.	Vce	Ic	Ptot	hFE	f
AD149	G/P	30	3500	37500	20/85	
TIP29	S/N	40	1000	30000	20	3
TIP30	S/P	40	1000	30000	20	3
TIP31	S/N	40	3000	40000	20	3
TIP32	S/P	40	3000	40000	20	3
TIP41	S/N	40	6000	65000	20	3
TIP42	S/P	40	6000	65000	20	3
TIP51	S/N	250	3000	100000	30	2,5
TIP2955	S/P	70	15000	90000	20	
TIP3055	S/N	70	15000	90000	15	

A "TABELA" É UMA ESPÉCIE DE "EXAME MÉDICO" SOBRE NÓS, TRANSÍSTORES! ATRAVÉS DELA VOCÊS FICAM SABENDO DAS NOSSAS PARTICULARIDADES...

SÃO DADOS PARA GUARDAR E CONSULTAR...

CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS E "DICAS" SOBRE OS PARÂMETROS

Pela distribuição da Tabela (MINI-MANUAL) já deve ter dado para o Leitor/Aluno mais atento perceber que, ao classificarmos transístores bipolares (entendendo por "classificação" o simples "agrupamento" **por características**...) utilizamos, na prática, alguns limites bastante genéricos, porém guardam uma lógica importante! Assim, os transístores bipolares são, basicamente, agrupados quanto:

- **À POTÊNCIA** - É costume atribuir **três grupos**, quanto à Potência: os de PEQUENA, os de MÉDIA e os de ALTA Potência. De um modo geral (e um tanto subjetivo, porém válido...) chamamos de PEQUENA uma potência de até 1W, de MÉDIA uma potência entre 1W e 10W e de ALTA uma potência **acima** de 10W.

- **À FREQUÊNCIA** - É uma outra "divisão" ou agrupamento um tanto subjetivo, mas que têm razões práticas imediatas, no "reconhecimento" das funções básicas da peça. De um modo geral, atribuímos apenas **duas** "categorias", nessa classificação: BAIXA e ALTA Frequência. Por BAIXA frequência, entendemos os transístores capazes de operar, de **bom ganho**, dentro das chamadas frequências de Áudio, extendendo-se, porém tais limites, nas aplicações de comutação rápida, até alguns MEGAHERTZ. Por ALTA frequência, entendemos os componentes capazes de operar em frequências de Rádio ou TV (AM, FM, Vídeo, Computação Rápida, etc.).

Existem, entretanto, **outros** importantes parâmetros que podem ser usados como "eixo" para uma subdivisão dos transístores bipolares em "famílias". Entre eles, destacamos o GANHO (fator de amplificação) e a TENSÃO (Vce), já que constituem parâmetros também **importantes** para a escolha da peça em aplicações específicas. Vejamos:

- QUANTO AO **GANHO** - A maioria dos Técnicos, Engenheiros e Estudantes, costuma dividir os transístores bipolares, quanto ao seu GANHO, em **três** grandes grupos: BAIXO, ALTO e SUPER-ALTO. Considera-se um GANHO BAIXO quando o hFE chega, no máximo, a "50". O GANHO ALTO situa-se, subjetivamente, entre "50" e "1000". Já um GANHO SUPER-ALTO atribui-se a um hFE maior do que "1000".

Aqui valem algumas considerações: transístores bipolares de ganho SUPER-ALTO, normalmente são construídos num arranjo "Darlington" (falaremos mais detalhadamente sobre isso, em "Aula" futura...) constituído, na verdade, por DOIS transístores num só encapsulamento (só três "perninhas" saem da peça...), interligados "lá dentro" de modo que seus fatores de amplificação **se multipliquem**. Por exemplo: se dois transístores de hFE igual a "100" são arranjados em "Darlington", num só invólucro, o "super-transístor" resultante poderá ter um GANHO final de até "10000", que é um "baita" hFE! Outros aspectos a serem notados quanto ao GANHO:

- Transístores de BAIXA POTÊNCIA costumam (por razões puramente industriais) apresentar GANHO **maior** do que os para ALTA POTÊNCIA! Isso é uma "regra geral" importante... Comparem, por exemplo, o hFE (na Tabela) do BC549 com o do TIP 3055).
- Transístores de BAIXA FREQUÊNCIA (também por razões industriais) apresentam, normalmente, um GANHO **maior** do que o mostrado por transístores de ALTA FREQUÊNCIA. À título de exemplo, comparem na Tabela o hFE do BC548 com o do BF198..

- QUANTO À **TENSÃO** - O parâmetro Vce é um dado importante, que nos indica "até onde" podemos ir, em termos de Tensão de Alimentação. É através desse limite que podemos dimensionar com lógica e economia se um circuito pode (ou vai...) trabalhar alimentado com pilhas ou diretamente por uma fonte ligada à C.A. (caso em que **podemos** parametrar a alimentação em TENSÕES relativamente altas, mantendo a CORRENTE em níveis relativamente baixos, dependendo das conveniências, sem que isso reflita numa substancial modificação na POTÊNCIA envolvida - lembram-se das fórmulas mostradas em ABC nº 1...?).

Normalmente, os dispositivos e componentes que trabalham em função das propriedades dos materiais SEMICONDUTORES, devem operar sob tensões baixas ou moderadas. Na prática, em torno de 80% ou 90% dos circuitos e aplicações baseadas em transístores (e seus "filhos", "primos" e "parentes"...) requerem uma alimentação **de 12 volts para baixo...** Existem, porém, aplicações específicas que demandam tensões bem mais altas (os componentes são, então, industrialmente dimensionados para "aceitar" bem essas tensões mais "bravas"...). No dia-a-dia da Eletro-Eletrônica, um exemplo clássico encontra-se nos circuitos de telefonia, em que, mesmo considerando a baixa potência relativa, alguns componentes ativos **devem** trabalhar sob uma centena de volts, em alguns momentos...

●●●●●

CODIFICAÇÃO E INTERPRETAÇÃO DA TABELA

Os índices da TABELA devem ser interpretados da seguinte maneira (sempre que se consulta um "Manual", devem ser consideradas essas "sub-codificações"...):

- **CÓDIGO** - É o "nome", em letras e números, que os fabricantes atribuem ao componente... Embora seja uma identificação que DEVERIA ser universal, ainda estamos longe de uma **padronização** absoluta. Então é importante "ficar de olho"... Numa futura "Lição", aqui no ABC, daremos algumas "dicas" de como o próprio "nome" codificado do componente **pode** "dizer" alguma coisa...

- **MAT. POLAR.** - Refere-se ao material semicondutor utilizado na fabricação do componente: G para GERMÂNIO e S para SILÍCIO. Depois da barra, a letra indica a **polaridade** do transístor, valendo P para PNP e N para NPN. Assim um componente marcado com G/P é um transístor de GERMÂNIO, com polaridade PNP, enquanto que um componente marcado com S/N é um transístor de SILÍCIO, com polaridade NPN...
- **Vce** - É o valor **máximo** "aceito" pelo componente, como tensão entre **coletor** e **emissor**. Está, na Tabela, expresso em VOLTS.
- **Ic** - Corrente **máxima** de **coletor** sob a qual o transístor pode trabalhar. Está, na Tabela, indicada em MILIAMPÉRES (Onde estiver escrito "1000", quer dizer "1A", e assim por diante...).
- **Ptot** - Máxima potência que o componente pode dissipar (ou seja: aquilo que o transístor "maneja" eletricamente, **mais** o que ele "transfere", em forma de calor, ao ambiente que o cerca). O parâmetro vale, nos transístores de pequena potência, para o que o "bichinho" pode fazer sob temperatura ambiente (25°) e, nos transístores de média ou alta potência, com o auxílio de dissipadores (ver TRUQUES & DICAS). Está expresso em MILIWATTS, ou seja: onde "diz" 800, quer dizer 0,8W, e assim por diante...
- **hFE** - Fator de amplificação, ou "quanto" o transístor pode amplificar a corrente (ver, lá no começo da "Aula", o real significado desse parâmetro...).
- **f** - Frequência máxima de operação do componente. Nas Tabelas aqui mostradas, convém considerar o seguinte: nos transístores classificados como "BAIXA FREQUÊNCIA", esse índice mostra o limite absoluto de velocidade na qual o componente pode trabalhar. Já nos transístores classificados como de "ALTA FREQUÊNCIA", o índice mostra a chamada "frequência de transição", ou seja: a máxima velocidade de trabalho, na qual o componente ainda apresente **algum** ganho "aproveitável"...

PRÁTICA 11

DUAS MONTAGENS PRÁTICAS QUE, AO MESMO TEMPO CONTRIBUEM PARA O APRENDIZADO DO "ALUNO" DO ABC E PODEM SER USADAS, COMO DISPOSITIVOS "DEFINITIVOS": UM FANTÁSTICO BRINQUEDO OPTO-ELETRÔNICO, O VAGALUME AUTOMÁTICO, E MAIS O UTILÍSSIMO INSTRUMENTO DE TESTE, PARA A BANCADA DO ESTUDANTE, TESTADOR UNIVERSAL DE TRANSÍSTORES! AMBAS AS MONTAGENS EM PLACA ESPECÍFICA DE CIRCUITO IMPRESSO, DE FACÍLIMA REALIZAÇÃO, E QUE ACRESCENTARÃO MUITO AO LEITOR/ALUNO, EM TERMOS DE CONHECIMENTO PRÁTICO, JÁ NESSA FASE INICIAL DO NOSSO "CURSO"...

Em toda Revista/"Aula" do ABC, aqui na última "Lição", temos a importante Seção de PRÁTICA, na qual, sob explicações "super-mastigadas", são mostradas montagens "finais" e "reais" de dispositivos, aparelhos, utilidades, brinquedos, instrumentos de teste, etc., que o Leitor/Aluno **usará mesmo** (não são meras EXPERIÊNCIAS...). A idéia é fazer com que o aprendiz, desde o começo do "Curso", já possa realizar, pelas suas próprias mãos, circuitos aplicativos que **provem** a ele mesmo a sua inata capacidade para a Eletrônica (que **não é** o "bicho de sete cabeças" que muitos pensam...)!

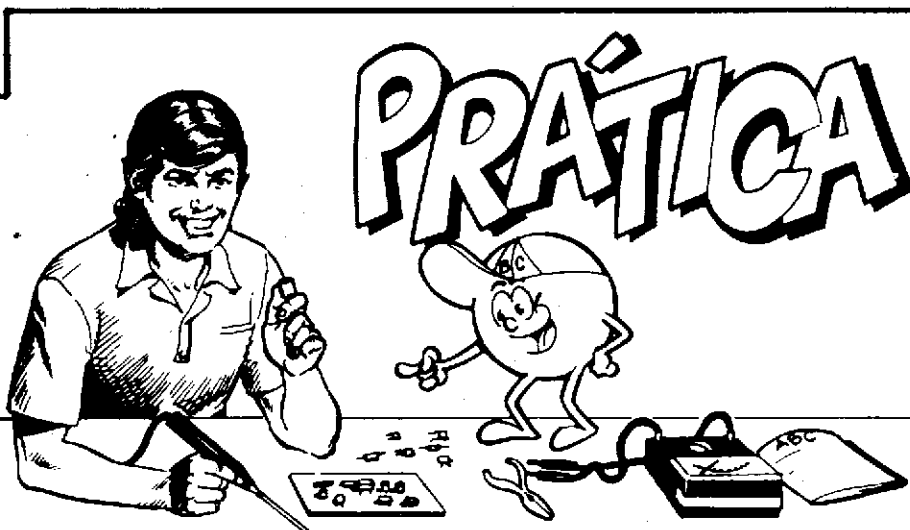
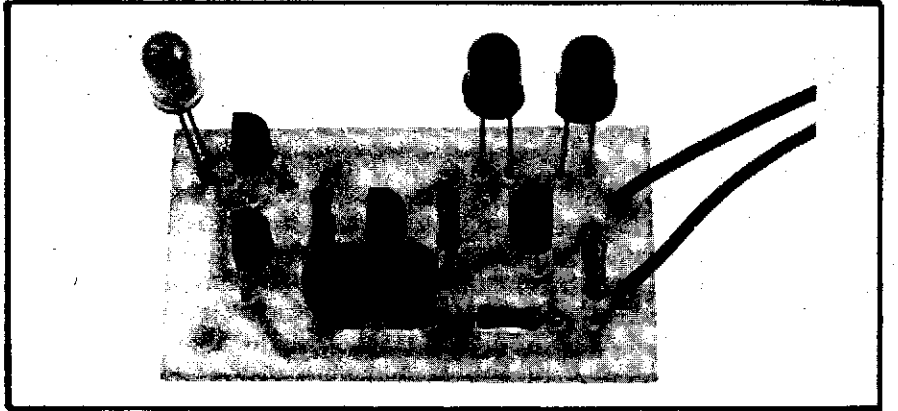
Assim, além de colocar em prática os aspectos teóricos abordados nas "Lições" (APRENDER FAZENDO é a principal filosofia de trabalho, aqui em ABC...), o Leitor/Aluno literalmente "perde o medo" (e **confiança** é tudo o que uma pessoa normal precisa, para obter qualquer coisa na vida, a nível de CONHECIMENTOS...).

Como nas "Aulas" 3, 4 e 5 já vimos todas as bases práticas da técnica de montagens em Circuitos Impressos, agora (ao contrário do que ocorreu nas primeiras "Aulas"...) as realizações práticas são todas descritas **dentro** desse sistema moderno, compacto e "profissional" de construção de circuitos! Se, por acaso, o Leitor for um recém "abecente" ("abecente" é o nome que damos a todos os fiéis seguidores do ABC...), deverá solicitar os Exemplares/"Aula" anteriores, por óbvios motivos: **terá** que conhecer assuntos neles abordados, para a perfeita realização das presentes montagens e - o que é principal - para um perfeito aprendizado das bases de Eletrônica, **nenhuma "Aula"** pode faltar na sua coleção (Há um Cupom/Solicitação específico, em outra parte da presente Revista/"Aula", para o pedido de números atrasados...).

(11ª MONTAGEM PRÁTICA)

Vagalume Automático

- A COISA - Brinquedos ou "curiosidades" Eletrônicas constituem sempre um gênero de montagens que atrai muito não só ao "novato" mas também ao Hobbysta avançado! O VAGALUME AUTOMÁTICO é **isso**! um **gadget**, uma "coisa" que, se analisarmos friamente, não serve para nada... Só que é **fantasticamente interessante**, traduzindo níveis de sofisticação tecnológica que apenas poucas décadas atrás estavam completamente **fora do alcance** de qualquer pessoa! Podemos classificar o VAGALUME AUTOMÁTICO no rol das "curiosidades" Eletrônicas, eventualmente construindo com ele um belo enfeite para um quarto de criança, ou mesmo um "negócio" com a finalidade única de servir como motivo de conversação, para mostrar aos amigos e parentes, acompanhado da orgulhosa (com plena justificação...) frase: "- EU FIZ!" Basicamente, o circuito do VAGALUME, através de um sensor, "vê" quando a luminosidade do ambiente onde estiver localizado "cai" abaixo de um certo nível (em outras palavras: quando o lugar "fica escuro", por ter anoitecido, ou pelas luzes terem sido desligadas...) e, automatica-

mente, passa a acionar um par de LEDs, em pulsos rítmicos de forte e breve luminosidade (a analogia com um vagalume não deve ser difícil de perceber...). Assim que o local é novamente "clareado" (pelo amanhecer, ou pelo acendimento das luzes...), o VAGALUME, também automaticamente, entra em "recesso", ficando "quietinho" até o próximo obscurecimento! Alimentado por pilhas, sob baixíssimo consumo médio de corrente (as pilhas durarão bastante, mesmo sob utilização intensa...), compacto e "flexível" na sua apresentação final, o circuito pode, com toda a facilidade, ser transformado no "miolo" de um interessante brinquedo ou enfeite para um quarto de crianças (que adorarão aquele "bichinho" cujos "olhos" piscam automaticamente no escuro, espantando o medo natural que muitos dos pequenos têm, nessa circunstância...) ou mesmo apresentado (com sucesso garantido...) em Feiras de Ciência ou atividades escolares do gênero! Paralelo a tudo isso, o VAGALUME AUTOMÁTICO constitui uma interessante "iniciação" a aspectos mais sofisticados da moderna OPTO-ELETRÔNICA (o "casamento" tecnológico da LUZ com a ELETRÔNICA), cuja abordagem mais detalhada será, inevitavelmente, feita numa "Aula" futura do ABC...

- **FIG. 1** - Diagrama esquemático do VAGALUME AUTOMÁTICO. Num "esquema" os componentes (e suas interligações...) estão representados pelos respectivos **símbolos.** Nas "Lições" do ABC, cada vez que determinado componente é explicado, em seus aspectos teóricos básicos, mostramos e enfatizamos também sua representação simbólica adotada nos diagramas, para que o Leitor/"Aluno" vá, pouco a pouco, decorando essa simbologia e a sua interpretação "visual" e técnica... Não é difícil, basta um pouco de atenção e alguma memória. Dissemos já (e repetimos agora...) que "ler" esquemas é unicamente uma questão de prática e qualquer Leitor/Aluno que segue o ABC desde a primeira Revista/"Aula", nessa altura do campeonato já deve conseguir "se virar" bem nesse aspecto.

- **FIG. 2** - Componentes principais do circuito, vistos em aparência, símbolo e identificação de terminais (quando for o caso...). Através da comparação cuidadosa dos dados visuais da fig. 2 com o diagrama da fig. 1, o Leitor/Aluno poderá "destrinchar" facilmente "o quê é o quê e onde está ligado", cada componente e terminal... Esse é um exercício constante de toda e qualquer pessoa que lida com Eletrônica, seja um Estudante, seja um Técnico ou Engenheiro! Surgem componentes e modelos novos de peças praticamente a cada dia, e assim constantemente temos que nos informar "visualmente" sobre a peça, suas "pernas", códigos, polaridades, funções de pinos, etc. Vão se acostumando, pois quem não se adaptar **agora** é melhor parar o "Curso" por aqui, e entrar numa Escola de Tricô (com todo o respeito aos eventuais Leitores(as) que gostem de tricotar...).

- **TRANSÍSTORES** - São usados 4 na montagem, 3 do tipo NPN (BC548) e 1 do tipo PNP (BC558). Atenção à identificação dos seus terminais (referenciada pelo lado "chato", indicado pela seta", na figura...) e ao reconhecimento dos seus símbolos (com a pequena diferença da "seta interna", apontando para sentidos opostos...). Notar que externamente os transístores BC548 e BC558 são absolutamente **idênticos** e assim **tem que ler** a identificação neles inscrita, com atenção, para não "trocar as bolas"...
- **LEDs** - Três LEDs são usados no circuito, todos eles do tipo redondo, 5 mm. São componentes **polarizados** (cujos terminais, assim como ocorre nos transístores, têm "nome", função e posição certas e únicas, devendo ser previamente **reconhecidos**...). Normalmente como indica a figura, o terminal "K" (catodo) é identificado pelo pequeno chanfro lateral (a setinha indica) e também pelo fato de ser o **mais curto** dos dois que o componente apresenta.

- **CAPACITOR DE POLIÉSTER** - Tem um só no circuito do VAGALUME (o componente foi estudado na "Aula" nº 2...). O importante, no caso, é "ler" corretamente o valor da peça. Se esta

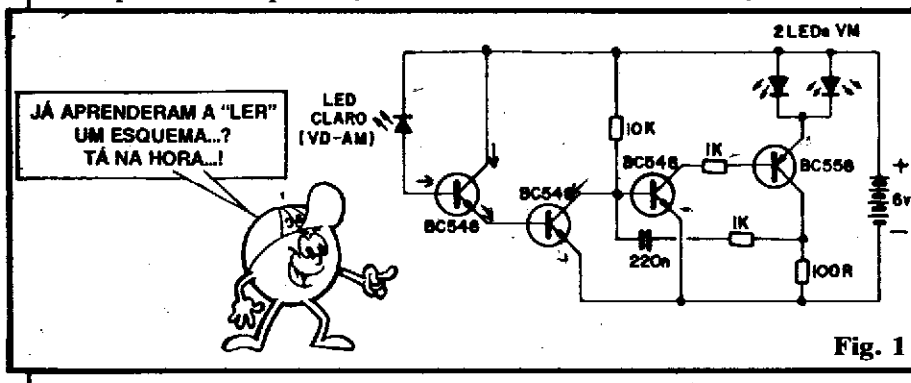



Fig. 1

Fig. 2

for do tipo "zebrinha", as faixas coloridas darão o tal valor. Eventualmente, contudo, a capacitância (e outros dados...) virão inscritos (em letras e números mesmo) sobre o corpo da peça.

- **RESISTORES** - Tem quatro no circuito. Assim como ocorre com os capacitores comum, o único "segredo" é a correta identificação ("leitura") do valor da peça, que deve ser feito pelo CÓDIGO DE CORES, ensinado na "Aula" nº 1 do ABC.

- **FIG. 3** - **Lay out** (desenho com a distribuição, proporções, etc., reais e finais para o uso...) do padrão cobreado do Circuito Impresso específico para a montagem do VAGALUME AUTOMÁTICO. A figura (como ocorre e ocorrerá **sempre**, aqui em ABC...) está em tamanho natural (chamamos esse fato, geometricamente, de **"escala 1:1"**...) de modo que **é só copiar**, diretamente, sobre uma placa de fenolite cobreado "virgem", seguindo as demais instruções mostradas na Seção TRUQUES & DICAS da "Aula" nº 5 do ABC, para obter, ao fim da confecção, uma plaquinha perfeita para a montagem. MUITA ATENÇÃO e cuidado "manual" nessa fase, já que dela depende **muito** o resultado final da montagem (qualquer errinho, "curto" ou falha no padrão cobreado final, "danará" tudo...).

- **FIG. 4** - Mostra o que chamamos em ABC de "chapeado" da montagem, ou seja: a placa de Circuito Impresso, vista pelo lado **não cobreado**, com uma claríssima estilização e identificação de todos os componentes, valores, códigos e polaridades (quem ainda tiver alguma dúvida, deve consultar a Seção TRUQUES & DICAS da "Aula" nº 4 do ABC...). Os pontos que merecem maior atenção:
- Posição dos 4 transístores, quanto aos seus códigos identificatórios (notar que o único BC558) encontra-se no extremo **direito** da placa, junto ao resistor de 100R e quanto à sua própria "locação" individual (o único com o lado "chato" voltado para a **direita** é justamente o único BC558...).
- Valores dos resistores em função das posições que ocupam na placa, qualquer "troca de lugar" poderá arruinar o funcionamento do circuito.
- Lembrar dos preceitos das boas soldagens: devem ser **rápidas** e **limpas** (rever as recomendações dadas a respeito nas "Aulas" anteriores do ABC...).
- Algumas "ilhas" (furos) mostrados e identificados na fig. 4 não apresentam ligação (ainda...). Destinam-se às conexões externas à placa, detalhadas na próxima figura.
- Conferir tudo direitinho, ao final, para só então cortar as sobras de terminais, pelo lado cobreado (se for descoberta uma "cagadinha" enquanto os componentes estiverem com as "pernas" inteiras, será relativamente fácil fazer uma dessoldagem e reposicionamento...).

- **FIG. 5** - Diagrama de conexões externas à placa. Nas montagens Práticas do ABC, dentro do sistema de Circuito Impresso, **sempre** o "chapeado" é seguido dessa importante informação visual complementar! Mostra sempre as ligações da placa do circuito com o "mundo exterior", controles, indicadores, alimentação, sensores, entradas, saídas, etc., ou seja: as "mãos" e "pernas" do circuito (cujo "coração" e "mente", normalmente estão na própria placa...). No caso específico do VAGALUME, **todas** as conexões externas à placa são **polarizadas**, e devem ser realizadas com o máximo de atenção... Vejamos:

- Os três LEDs têm terminais identificados (A e K) que devem ser ligados à placa de acordo com as indicações. Observar (ainda quanto aos LEDs), que aqueles dois que ficam "juntinhos" são vermelhos", de alto rendimento luminoso, enquanto que aquele que fica "só", num canto da lateral menor da placa, é amarelo ou verde, (encapsulamento transparente, tipo "cristal").
- A polaridade da alimentação (pilhas) deve ser respeitada, lembrando sempre que o fio **vermelho** do suporte corresponde ao positivo, enquanto que o fio **preto** é o do **negativo** (essa codificação de polaridade é **universal**, usada em muitos dos casos práticos, na Eletro-Eltrônica...).

- **FIG. 6** - Alternativa para ligação dos LEDs. Dependendo do tipo de utilização, instalação ou **lay out** final pretendido pelo Leitor/Aluno para o VAGALUME, pode tornar-se necessária a ligação "remota" (longe da placa) dos LEDs... Isso **pode**, perfeitamente, ser feito de maneira muito simples: basta usar pares de fios de ligação finos, flexíveis, no desejado comprimento, **entre** o LED e os "seus" furos de ligação na placa! Só tem uma "coisinha": identificar **bem** as ligações, para não inverter nada, senão...

- **SOBRE A LISTA DE PEÇAS** - A recomendação básica é que o Leitor/Aluno procure sempre respeitar as codificações e indicações constantes da LISTA DE PEÇAS, quanto a todos os componentes nela relacionados. Entretanto, em muitos casos, equivalências e substituições **são** possíveis. Os transístores BC548 podem ser trocados por BC547 ou

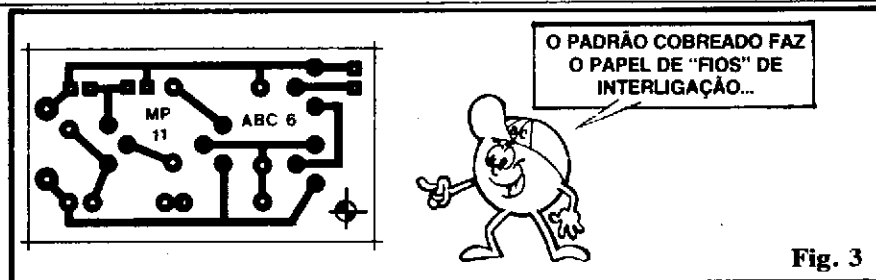



Fig. 3

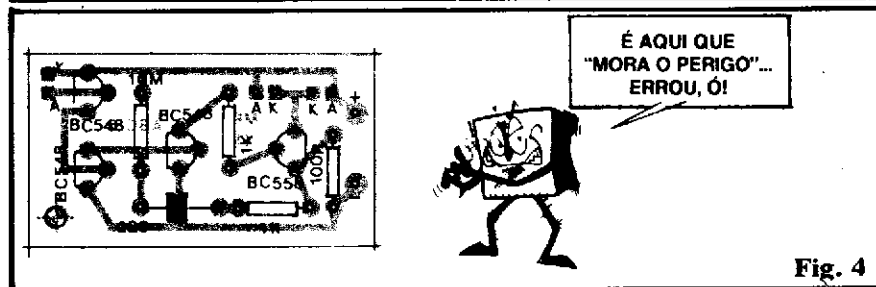



Fig. 4

BC549, enquanto que o BC558 pode ser substituído por BC557 ou BC559, sem problemas. Quanto aos LEDs, outros **formatos** (que não o redondo originalmente recomendado) podem ser adotados, porém, no circuito do VAGALUME, não convém alterar as CORES ou outras indicações dadas quanto ao encapsulamento. Resistores, normalmente (quando a "wattagem" não é especificamente mencionada...) devem ser para 1/4 watts, porém componentes para dissipações maiores **podem** ser utilizados (respeitados os valores ôhmicos indicados). Não é possível, contudo, "exagerar", uma vez que resistores de dissipação mais elevada são também maiores fisicamente, a ponto de complicar a sua inserção e acomodação na placa... Quanto ao capacitor de poliéster, sua voltagem de trabalho pode ser a menor encontrada (100V ou 250V) embora nada impeça que um componente para tensão de trabalho **maior** seja utilizado (o "complicador", no caso, será também o tamanho físico da peça, proporcional à sua tensão de trabalho, e que poderá dificultar sua colocação na placa...).

- **FIG. 7** - "Acabamento" do VAGALUME AUTOMÁTICO. Uma vez terminada a montagem, na sua parte puramente eletrônica (figs. 4-5-6), um teste rápido de funcionamento pode ser feito: é bom lembrar, desde logo, que o LED amarelo ou verde (aquele "sozinho", na fig. 5) **jamais acenderá**, já que funciona, no circuito, não como emissor de luz, mas como um sensor de luz (ele "vê" a luminosidade ambiente e "traduz" essa condição, eletricamente, para o circuito, conforme veremos mais adiante...). Colocar as pilhas no suporte e manter, inicialmente, o circuito num ambiente normalmente iluminado (pelas luzes locais, ou mesmo pela luz natural do dia, entrando por janelas...). Os dois LEDs vermelhos devem ficar "quietos" (não acendem, muito menos "piscam"...). Para simular uma condição de escuridão, basta cobrir momentaneamente o LED/sensor (verde ou amarelo) com um material opaco qualquer (quanto menos luz passar, melhor...). Imediatamente os dois LEDs vermelhos devem começar a piscar, emitindo fortes e curtos lampejos, à razão aproximada de uma vez por segundo (1Hz, portanto...). Se tudo ocorreu assim, é sinal de que a montagem está perfeita... Agora é só dar o acabamento desejado ao dispositivo. Uma idéia simples e direta está na fig. 7, com a placa e pilhas embutida numa caixinha padronizada PB201 (ver DIVERSOS/OPCIONAIS, na "LISTA DE PEÇAS"...), usando os LEDs como "nariz" e "olhos" de um boneco ou bichinho desenhado na parte frontal do **container** (quem quiser dar um "charme" pode botar umas "anteninhas", conforme sugere a figura...). É óbvio que existem muitas outras possibilidades de acabamento final para a "coisa": uma delas é fazer (ou aproveitar...) um bichinho de pelúcia, embutindo no brinquedo o circuito e pilhas, posicionando os LEDs de acordo (sempre lembrando que o LED/sensor, verde ou amarelo, deve ficar em posição capaz de "ver" a luminosidade ambiente, já que é ele quem "autoriza" o funcionamento do cir-

LISTA DE PEÇAS
(11ª MONTAGEM PRÁTICA)

- 3 - Transístores BC548 (NPN, baixa potência, silício, baixa frequência e alto ganho).
- 1 - Transístor BC558 (PNP, baixa potência, silício, baixa frequência e alto ganho).
- 2 - LEDs vermelhos, redondos, 5 mm, bom rendimento luminoso.
- 1 - LED verde ou amarelo, com encapsulamento tipo "cristal" (transparente, e **não** translúcido), redondo, 5 mm
- 1 - Resistor 100R (marrom-preto-marrom) x 1/4 watt
- 2 - Resistores 1K (marrom-preto-vermelho) x 1/4 watt
- 1 - Resistor 10M (marrom-preto-azul) x 1/4 watt
- 1 - Capacitor (poliéster) 220n (se for "zebrinha", as cores: vermelho-vermelho-amarelo).
- 1 - Placa de Circuito Impresso específica para a montagem (4,5 x 2,5 cm.).
- - Fio e solda para as ligações

DIVERSOS/OPCIONAIS

- 1 - Suporte para 4 pilhas pequenas (com as pilhas)
- 1 - Caixa para abrigar a montagem. Sugestão: modelo PB201 (8,5 x 7,0 x 4,0) da "Patola". Outros "encaixamentos" ou acomodações serão possíveis, a critério do Leitor/Aluno.
- - Materiais para acabamento e fixação final, também a critério do Leitor/Aluno.

cuito, assim que "sente" a escuridão...

●●●●●

CONSIDERAÇÕES

O Leitor/Aluno atento já terá notado que o circuito não usa um interruptor geral para a alimentação. Isso ocorre por alguns motivos simples: primeiro que, pela sua própria concepção, o VAGALUME deve ficar permanentemente "de plantão", sendo automaticamente acionado à noite, ou quando o local for obscurecido, e segundo que o consumo real de corrente é tão baixo (praticamente "zero" em "espera" e em torno de 1mA quando acionado pela escuridão...) que torna-se economicamente "não lógico" usar-se uma chave para a alimentação!

Outra coisa que se deve observar é que, dependendo das características individuais do LED usado como sensor (verde ou amarelo, transparente...) a sensibilidade (ou "exato grau de escuridão" capaz de gatilhar o circuito...) pode variar dentro de uma faixa considerável... Tanto pode acontecer do VAGALUME só "vagalumear" em **completa escuridão**, quanto ocorrer o acionamento assim que o ambiente fique razoavelmente obscurecido (mas não em completo "breu"...). Essas são circunstâncias **normais**, decorrentes das tolerâncias e características dos componentes, e suas variações "esperadas"...

O CIRCUITO

(ANTECIPAÇÃO TEÓRICA)

Vocês já viram as bases teórico/práticas quanto aos resistores, capacitores, LEDs, e - agora - tiveram o início da série de "Aulas" sobre os importantes transístores... Assim, muita "coisa" do funcionamento do VAGALUME AUTOMÁTICO já dá pra ser intuida e entendida (ainda que não completamente...). Em ABC adotamos o método (para possibilitar a introdução inicial de matérias práticas, sem as quais o Leitor/Aluno terminaria por "desanimar", na espera de poder colocar "mãos a obra"...) de fornecer "ANTECIPAÇÕES TEÓRICAS", fazendo uma análise em bloco do funcionamento de cada circuito mostrado aqui na Seção PRÁTICA, **mesmo** que isso embuta conceitos, componentes e aspectos que **ainda vão** ser abordados, num futuro próximo! Achamos que assim, quando "chegar a hora", os Leitores/Alunos "pegarão" com mais facilidade conceitos "já manipulados", ainda que a nível empírico...

- **FIG. 8** - Diagrama de blocos do circuito do VAGALUME AUTOMÁTICO. Começando pelo LED/sensor (amarelo ou verde, claro), embora tenhamos visto ("Aula" nº 5) que os LEDs são basicamente "tradutores" de CORRENTE ELÉTRICA em LUZ, ocorre com eles um interessante fenômeno de "reversibilidade" (mais comum do que Vocês podem pensar, nos componentes transdutores...), ou seja: estando inversamente polarizado (quando a corrente através do componente seria muitíssimo pequena, **quase** nula...), a luminosidade ambiente, "caindo" sobre o componente (mais exatamente sobre a sua junção semicondutora...) **modifica** proporcionalmente aquela "minusculíssima" corrente inversa residual! Ainda que pequenina tal corrente, quanto mais "forte" é a LUZ que **atinge** a junção do LED, maior se torna a corrente inversa (mesmo assim, fica muito "fraquinha"...). Em testes realizados no nosso Laboratório, verificamos que tal fenômeno se manifesta mais intensamente nos LEDs com encapsulamento transparente (não translúcido), tipo "cristal" e, além disso, mais nitidamente nos LEDs verdes ou amarelos! É por tais razões que essas recomendações são feitas na LISTA DE PEÇAS... Pois bem, obtida essa micro-corrente, proporcional à luminosidade ambiente, o circuito do VAGALUME inicialmente amplifica "barbaridade" tal manifestação, através do par de BC548 (bloco A) de modo a obter agora uma manifestação **intensa** de variação de corrente na proporção da LUZ que atinge o LED/sensor. O outro bloco (B), exerce função já vista em "ANTECIPAÇÕES TEÓRICAS" das "Aulas" passadas de ABC: trata-se também de um "super-amplificador", este organizado a partir de dois transístores complementares (um NPN e um PNP e que, na sua "saída", aciona o par de LEDs vermelhos. Valemo-nos aqui, porém, de um conjunto R-C (ca-

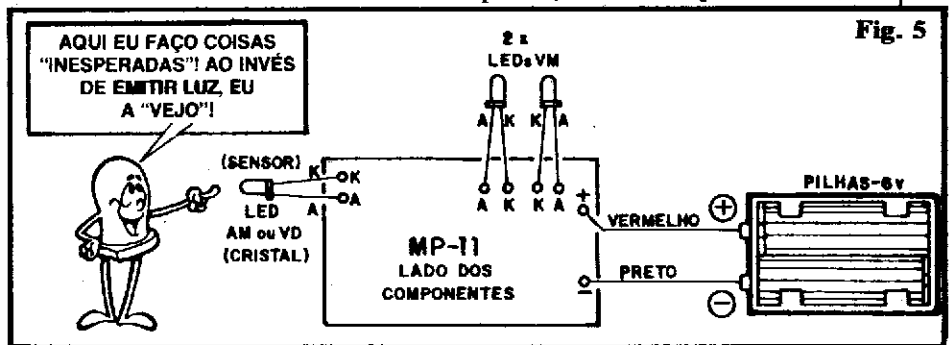



Fig. 5

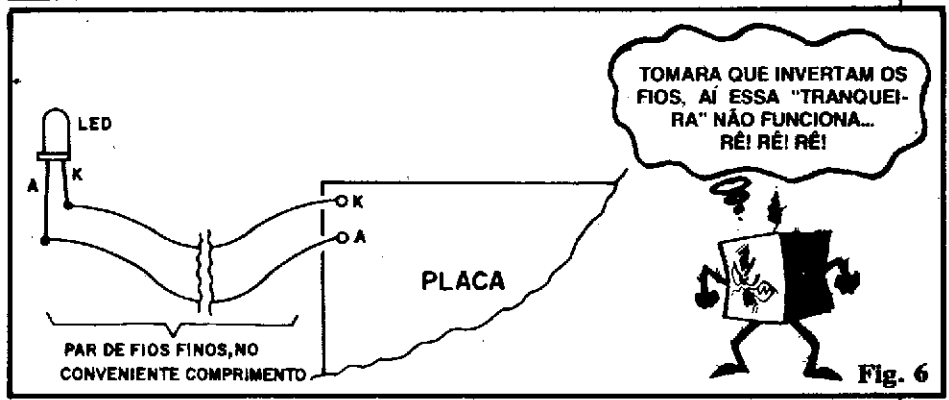



Fig. 6

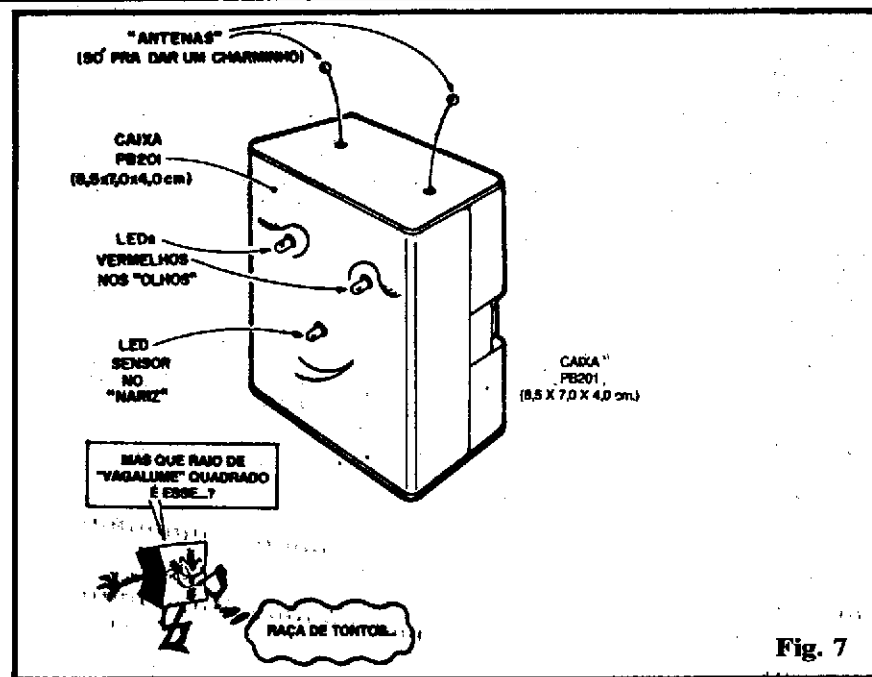



Fig. 7

pacitor de 220n e resistor de 1K) cuja **constante de tempo** (ver "Aula" nº 2) **realimenta** a "entrada" do bloco com a conveniente **defasagem**, de modo a promover uma OSCILAÇÃO (dentro de duas ou três "Aulas" falaremos mais detalhadamente sobre esse comportamento oscilatório...) cujo rítmo depende, exatamente, dos valores dos componentes dessa rede R-C. Para que o amplificador/oscilador (bloco B) atue, contudo, é necessário que sua entrada (ponto E) receba a conveniente polarização **positiva** (uma vez que o transístor "inicial" do bloco é um NPN...). Tal polarização é normalmente fornecida através do resistor de alto valor (10M) ligado à linha do positivo da alimentação geral. Acontece, porém, que estando o LED/sensor sob luz, o amplificador do bloco A, permitindo a passagem de corrente relativamente forte, na prática "negativa" o ponto E, com que invalidando a polarização positiva normalmente fornecida via resistor de 10M. Tudo se passa como se o bloco A representasse, nessa circunstância, um resistor de **baixo valor** entre o ponto E e a linha do **negativo** da alimentação! Simplesmente **assim** o oscilador (bloco B com sua rede de realimentação...) **não** funciona... Já quando o LED sensor **não** recebe LUZ do ambiente, o bloco A passa a "representar um resistor" de valor **muito** alto, com o que o resistor **mesmo** de 10M "consegue" fornecer a necessária polarização ao conjunto oscilador. Os LEDs vermelhos, então, colocam-se a "piscar", emitindo lampejos (pulsos luminosos) no rítmo determinado pelas alternâncias manifestadas na saída do dito bloco (ponto S)! Os valores da rede realimentadora, e também da polarização geral do bloco B são tais que as "piscadas" duram um tempo muito curto, e ocorrem a cerca de 1Hz (uma vez por segundo...) Como os LEDs vermelhos são os maiores responsáveis pelo "dreno" de corrente no circuito (e tal dreno se dá em pulsos curtos e espaçados...) o consumo geral é baixo, permitindo que pilhas alimentem o circuito, como um todo, tranquilamente, mesmo por longos períodos (na verdade, os LEDs vermelhos passam "apagados", mais de 90% do tempo total de funcionamento, período no qual praticamente "um cisco" de corrente é requerido pelo circuito...). Observando novamente o esquema (fig. 1) o Leitor/Aluno notará que no EMISSOR do último transístor do circuito (BC558) temos um resistor de 100R... Esse componente, além de estabelecer uma "carga" para o dito transístor, proporcionando um divisor de tensão do qual os sinais de realimentação são recolhidos para induzir o bloco à oscilação, determina também uma limitação na corrente "puxada" pelo BC558 e LEDs, nos breves pulsos de "acendimento", o que contribui **também** para manter o consumo geral em níveis baixíssimos, plenamente compatíveis com uma boa durabilidade das pilhas que alimentam o VAGALUME...

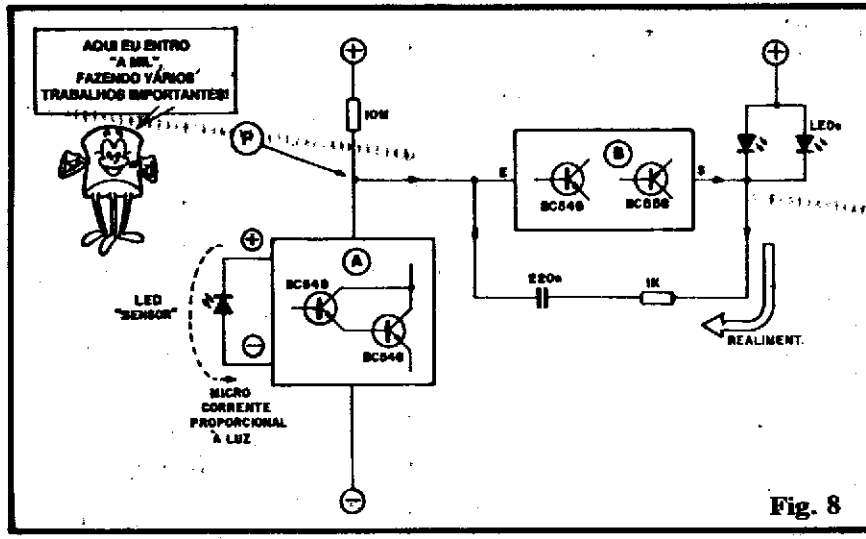
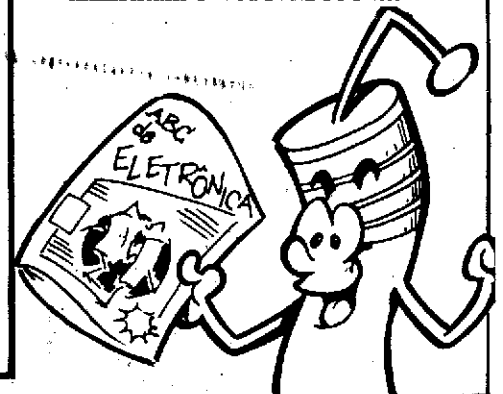
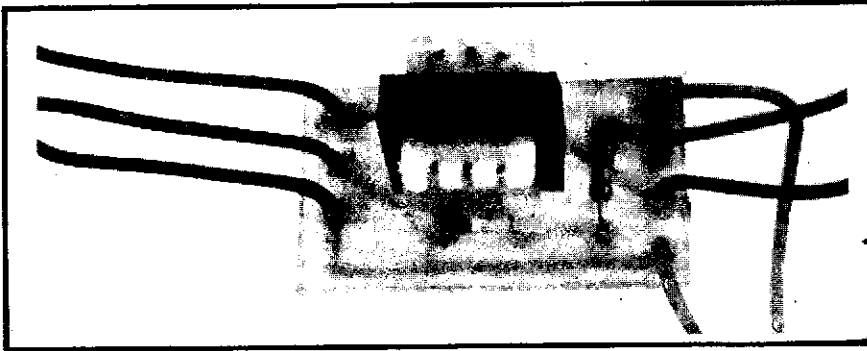



Fig. 8

PRÁTICA 12

(12ª MONTAGEM PRÁTICA)

Testador Universal de Transístores

- A "COISA" - Tem um "negócio" absolutamente inevitável no aprendizado e na prática da Eletrônica, a qualquer nível: a necessidade de INSTRUMENTOS de testes, medição, verificação ou "apoio", sem os quais ficaria muito difícil não só o entendimento do assunto por parte do Estudante, quanto o próprio desenvolvimento inicial e futuro da sua atividade! Infelizmente, INSTRUMENTOS (de bancada...) são equipamentos um tanto caros, fora do alcance do bolso de muita gente (notadamente dos mais jovens, que ainda não têm suas "fontes de renda", e vivem às expensas dos "responsáveis"...). Para superar esse importante obstáculo inicial ao bom aprendizado da Eletrônica, ABC procurará sempre trazer, aqui na Seção PRÁTICA, montagens justamente de INSTRUMENTOS de teste ou medição, elaborados de maneira simples, porém apresentando resultados bons na avaliação de componentes, circuitos e funcionamentos! Já na "Aula" nº 3 do ABC a Seção PRÁTICA mostrou um importante circuito "de apoio", a FONTE DE ALIMENTAÇÃO (6V x 500mA), um dispositivo de enorme e permanente utilidade na bancada de Estudos Teóricos e Práticos! Agora, como começamos a falar nesse "fantástico diabinho", o TRANSÍSTOR (componente que será intensamente utilizado ao longo de todo o nosso Curso e "por aí a fora"...) nada mais oportuno e recomendado do que a montagem de um TESTADOR UNIVERSAL DE TRANSÍSTORES, objeto dessa 12ª Seção PRÁTICA! O "TUT" é um instrumento simples e confiável, do tipo **dinâmico**, ou seja: é capaz de verificar de forma geral o "estado" de um transístor bipolar (praticamente de qualquer potência ou para qualquer faixa de frequências) **em funcionamento**, indicando, através da presença de um nítido sinal sonoro, se o componente **está ou não operacional**! É bem verdade que instrumentos específicos para teste e verificação de transístores, mais sofisticados, podem oferecer uma ampla gama de análises e medições, correntes, ganhos, limites de frequência, etc. (existem instrumentos desse tipo, no varejo, a preços capazes de "quebrar o orçamento" do Leitor/Aluno por 6 mêses...), contudo, para as necessidades básicas e momentâneas do nosso "Curso", o TUT dará perfeita conta do recado, constituindo importante auxiliar nos primeiros estudos e nas eventuais manutenções e verificações que - mais cedo ou mais tarde - deverão ser feitas nas montagens Experimentais, Práticas ou Definitivas (ou até nas eventuais "Invenções" do próprio Leitor/Aluno...). Alimentado por 2 pilhas pequenas, o circuito do TUT foi elaborado de modo que, sob nenhuma hipótese - mesmo ocorrendo erro grosseiro na utilização ou ligação do dispositivo - possa advir dano ao transístor sob teste, por mais "delicado" que este seja! O aparelhinho apresenta três terminais de teste, na forma de pequenas garras de contato (também chamadas de "jacarés", devido à sua forma...) identificadas, destinadas à ligação com o EMISSOR, BASE e COLETOR do componente a ser verificado. Além disso, o TUT apresenta, como controle extra, uma chave capaz de adequar a sua ação a transístores NPN ou PNP... A correta (e inteligente...) utilização do dispositivo permitirá, não só verificar se um transístor "conhecido" **está bom ou não**, como também (com um pouquinho de trabalho mental...) "descobrir" a polaridade (se é NPN ou PNP) e também "identificar" os terminais (E-B-C) de transístores não codificados, ou sobre cujo código não tenhamos nenhuma informação! Por tudo isso, e mais pela sua extrema simplicidade (e custo convidativo...) o TESTADOR UNIVERSAL DE TRANSÍSTORES constitui montagem praticamente **obrigatória** ao Leitor/ALuno, nessa fase inicial do nosso "Curso"! Detalhes maiores sobre a utilização do TUT serão dados ao final...

CHAVE 2P-2P
33K
A.FALANTE MINI 8Ω
TRAFO. SAÍDA MINI
TRANSÍSTOR SOB TESTE
ESSES CARAS DO ABC PIRARAM DE VEZ... AGORA BOTARAM AQUI UM "TRANSÍSTOR FANTASMA"...!

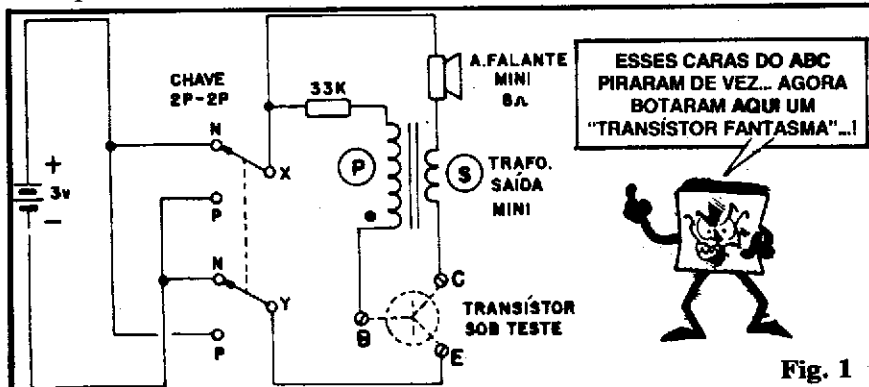



Fig. 1

- **FIG. 1** - Esquema do circuito do TUT. "Simplérrimo", como dá para notar numa simples "olhada", o circuito (veremos isso na ANTECIPAÇÃO TEÓRICA, mais adiante...) é, na verdade, um singelo arranjo oscilador estruturado em torno de um único transístor bipolar, no qual, porém, ESTÁ JUSTAMENTE "FALTANDO" **O TRANSÍSTOR**! A ação do teste corresponde, exatamente, a colocar no circuito o transístor "faltante"... Se o circuito reagir como se espera, é sinal de que o componente inserido está **bom**, caso contrário, a indicação é de que o transístor apresenta alguma deficiência importante! Observar bem, no esquema, a presença de componentes ainda não vistos nas montagens práticas anteriores: o **transformador** (vão lá, na "Aula" nº 4, se tiverem esquecido alguma coisa...) e uma **chave dupla** (dois polos x duas posições), que é um importante componente de apoio na adequação do funcionamento do circuito... Lembrar sempre que um esquema é uma espécie de "mapa" simbólico do circuito "real"... É olhar, comparar, referenciar e entender... Não tem grandes "segredos".

- **FIG. 2** - Alguns dos principais componentes do circuito (na verdade, fora o transístor "faltante" - e que será suprido justamente pelo componente a ser testado - mais um resistor e um pequeno alto-falante, aí está **tudo** o que entra no arranjo circuital do TUT. Notar que (como é costume em ABC...) as peças são mostradas em Aparência, Símbolo e Identificação de terminais.

- **TRANSFORMADOR DE SAÍDA MINI** - Trata-se de um transformador bem pequenino, apresentando dois enrolamentos: um **primário** (P) e um **secundário** (S), normalmente utilizado para "casar" as saídas de circuitos amplificadores de som pequenos (como os existentes em radinhos portáteis) com seus respectivos alto-falantes (daí o nome de "transformador de Saída"...). É importante notar que o componente recomendado para utilização no TUT apresenta um enrolamento **primário** (P) com dois terminais, externamente identificado por uma PINTA VERMELHA (mais sobre o assunto, na próxima figura...).

- **CHAVE 2 POLOS X 2 POSIÇÕES** - Trata-se simplesmente de um interruptor reversível e duplo, apresentando então 6 terminais (na próxima figura serão dados mais detalhes identificatórios...) sendo importante notar que, eletricamente, a meia dúzia de pernas pode ser dividida em dois grupos de 3 (polo A e polo B), cuja ação mecânica é **conjunta**, realizada pelo movimento imprimido a um **único** "botão" de acionamento. A linha tracejada na representação simbólica indica que, movendo-se a chave "para cima" (quanto a visualização do símbolo), no polo A o terminal 3 fará contato com o terminal 1 e no polo B o terminal 6 estabelecerá ligação com o terminal 4. Já movendo-se o "botão" para "baixo", enquanto no polo A o terminal 3 passa a fazer contato com o terminal 2, no polo B o terminal 6 liga-se ao terminal 5.

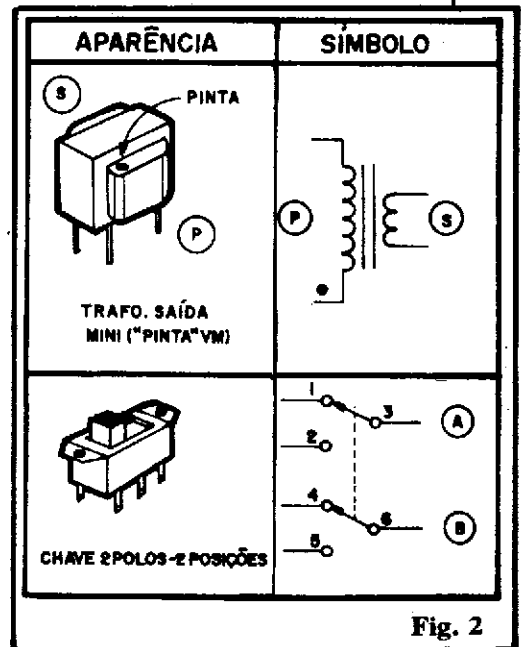
- **FIG. 3** - Detalhes e considerações sobre o transformador e a chave. Conforme foi dito aí atrás, o transformador recomendado é um "Saída mini PINTA VERMELHA", cujo lado de baixo (por onde saem os terminais) é mostrado na figura (a pinta vermelha referencia o lado de onde surgem os terminais do **primário** "P"). Entretanto, se o Leitor/Aluno não conseguir obter tal transformador, poderá tentar a utilização de um com **três** terminais **no primário** (desde que MINI, para Saída de Transístores). Nesse caso, deverá ser desprezado (cortado rente, pois não será utilizado...) o terminal **central** do **primário**, conforme indica a figura. Quanto à chave 2P x 2P (dois polos x duas posições), a figura mostra o seu lado de baixo, com os seis terminais numerados e o **sentido** de atuação do "botão cursor" claramente indicado pelas setas, além do resultado elétrico" obtido, a partir da movimentação do "botão" para a **esquerda** (E) ou **direita** (D). Lembrar que, embora seja um componente passivo, de apoio eletro-

APARÊNCIA	SÍMBOLO
PINTA; S; P; TRAFO. SAÍDA MINI ("PINTA" VM)	P; S
CHAVE 2POLOS-2POSIÇÕES	1; 2; 3; 4; 5; 6; A; B

Fig. 2

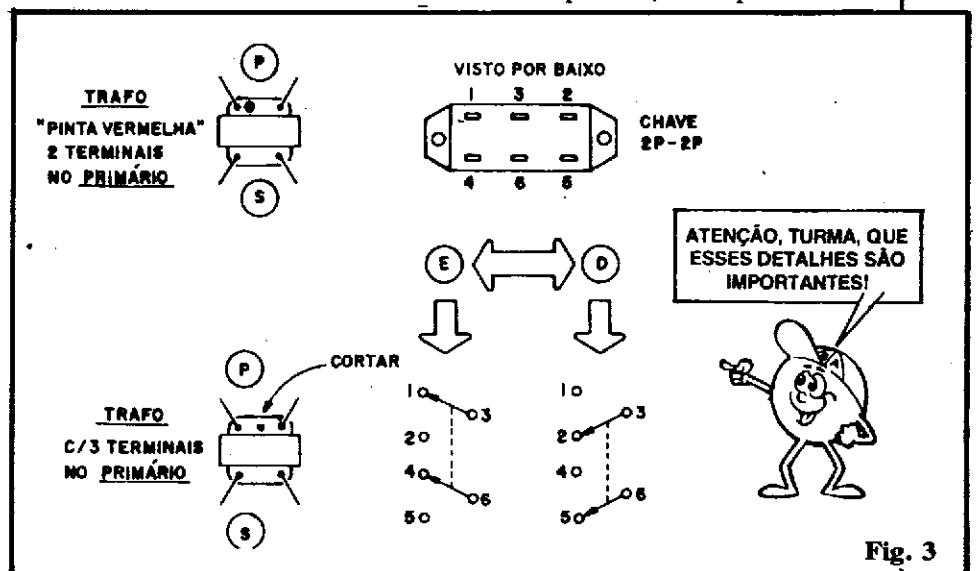



Fig. 3

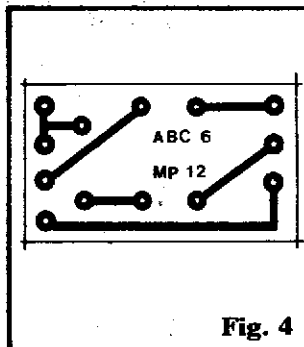



Fig. 4

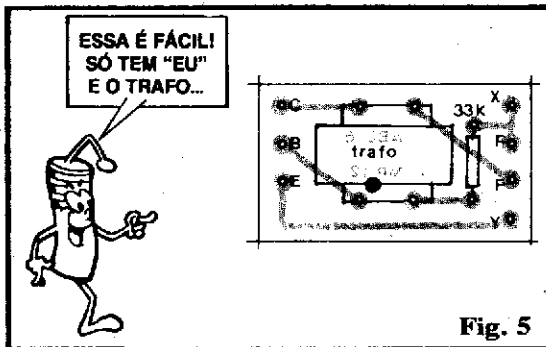



Fig. 5

mecânico, destinado unicamente a chavear a alimentação e a polaridade para determinados setores do circuito, uma chave desse tipo é **importante** em muitas aplicações, e devemos **entender** bem seu funcionamento, para corretamente utilizá-la.

- **FIG. 4** - Distribuição, em tamanho natural (escala 1:1) do padrão cobreado de ilhas e pistas do Circuito Impresso específico para a montagem do TUT (para simplificar, costumamos chamar isso de **"lay out"**...). Notem que o padrão **é tão** simples que mesmo quem **nunca** antes realizou uma plaquinha, não encontrará a menor dificuldade na sua confecção (tem que ler atentamente, antes, a Seção TRUQUES & DICAS de ABC nº 3, 4 e 5...). É **obrigatório** começar desde já essa prática, pois no futuro as placas irão ficando cada vez maiores e mais complexas, e quem não pegar as "manhas" agora, ficará eternamente dependente nesse importante aspecto construcional dos circuitos. Para quem estiver "chegando agora", ou for muito "distraído", é bom lembrar que as áreas negras representam a parte que **fica cobreada** ao fim do processo de confecção, enquanto que as áreas brancas indicam o fenolite "livre" de cobre, após a devida corrosão. Outro ponto importante (parece óbvio, mas **muita** gente se "entorta" nisso...) é que os componentes, numa placa de Circuito Impresso, ficam "no **outro** lado" (lado **não cobreado**...).

- **FIG. 5** - "Chapeado" da montagem, ou seja: a visão da **mesma** placa mostrada na figura anterior, **porém** pelo **outro** lado (não cobreado) com os componentes já posicionados. Notar que apenas duas peças ficam diretamente **sobre** a placa: o pequeno transformador e um resistor, portanto não há erro! O único cuidado é posicionar-se corretamente o **primário** do transformadorzinho, claramente indicado pela **pinta** (que, se ABC fosse em cores, seria vista **vermelha**...). O conjunto de ilhas (furos) codificados, nas bordas menores da plaquinha, referem-se a conexões externas, a serem mostradas na próxima figura... Uma advertência: seguir rigorosamente **todas** as recomendações quanto às técnicas de soldagem, exaustivamente citadas nas "Aulas" anteriores do ABC (Seção TRUQUES & DICAS, de ABC nº 1 a 5...) e notar que os terminais do pequeno transformador são **muito** frágeis, requerendo um certo cuidado no seu manuseio, pois podem partir-se facilmente... Um pouco de cuidado e até certa "delicadeza" (no bom sentido) são recomendáveis...

- **FIG. 6** - Conexões externas à placa. Esta **ainda** é vista, na figura, pelo seu lado **não cobreado**, porém agora enfatizando somente o que fica **fora** do Circuito Impresso (comparar com a figura anterior, principalmente no que diz respeito à codificação adotada para as ilhas "periféricas", utilizadas nas tais conexões externas). Pontos **importantes** dessa fase:

- Conexões da chave PNP-NPN (2 Polos x 2 Posições) que, na figura, é vista **por baixo** (pelos terminais). Qualquer errinho aí, todo o funcionamento do TUT "dança"!
- Polaridade da alimentação: não esquecer do "velho" código do fio **vermelho** para o **positivo** e fio **preto** para o **negativo**.
- Correta identificação das três garras "jacaré" (que são do tipo **isoladas**, ou com cobertura plástica flexível sobre seus corpos/garras metálicas) com as letras "E-B-C" referentes aos terminais do transístor a ser testado.

Por razões mais do que óbvias, as fases da montagem descritas nas figuras 5 e 6 são as mais **importantes**, a nível de "mão de obra", e portanto requerem uma cuidadosa verificação final, na busca de eventuais erros, inversões ou falhas que - se ocorrerem - inevitavelmente obstarão o funcionamento do TUT!

LISTA DE PEÇAS

(12ª MONTAGEM PRÁTICA)

- 1 - Transformador de Saída, mini, para transístores, do tipo PINTA VERMELHA (só dois terminais no **primário**)
- 1 - Resistor de 33K x 1/4 watt (laranja-laranja-laranja)
- 1 - Chave, tipo H-H, com 2 Polos x 2 Posições
- 1 - Alto-Falante mini (2" ou 2 1/2") com impedância de 8 ohms
- 3 - Garras "jacaré" mini, **isoladas**
- 1 - Placa de Circuito Impresso, específica para a montagem (3,6 x 2,0 cm.)
- - Fio e solda para as ligações
- 1 - Suporte para duas pilhas pequenas

DIVERSOS/OPCIONAIS

- 2 - Pilhas pequenas, de 1,5V cada
- 1 - Caixa para abrigar a montagem. Sugestão: **container** "Patola" mod. PB201 (8,5 x 7,0 x 4,0 cm.). Outras caixinhas plásticas, padronizadas ou "aproveitadas", de dimensões iguais ou maiores, também poderão ser utilizadas.
- - Caracteres adesivos, decalcáveis ou transferíveis (tipo "Letraset") para marcação dos controles e terminais de teste.
- - Parafusos e **porcas para fixações** diversas.

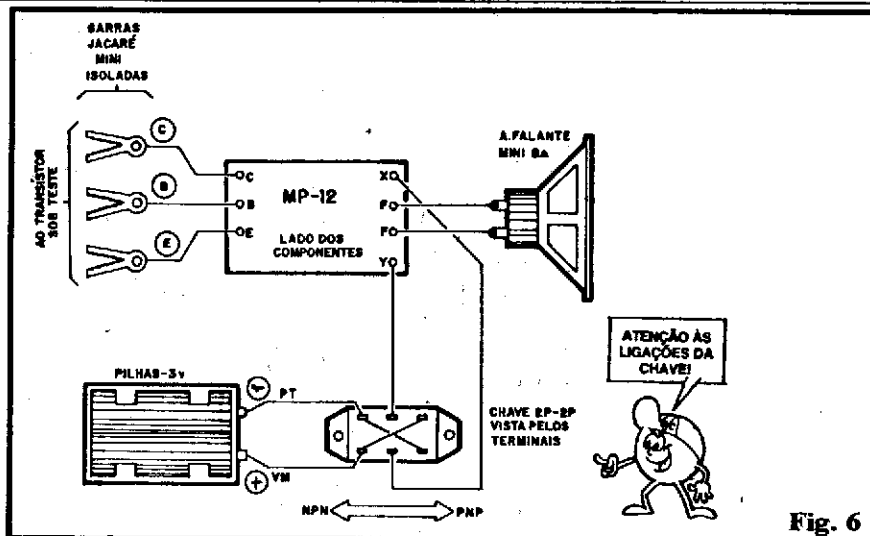



Fig. 6

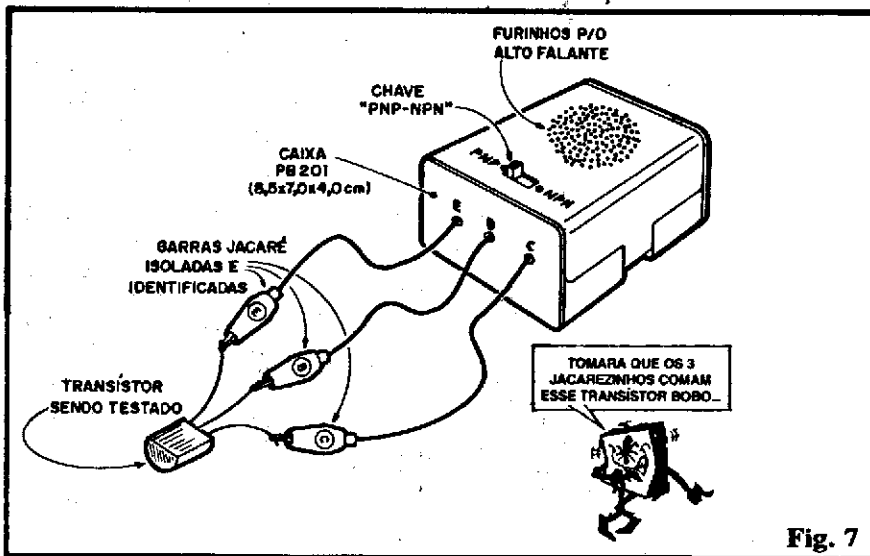



Fig. 7

- SOBRE A "LISTA DE PEÇAS" - O componente "chave" do circuito é o pequeno transformador, de cujas características dependerá muito o funcionamento, confiabilidade e "universalidade" do TUT. Enfatizamos que **é melhor** procurar obter rigorosamente o transformador tipo PINTA VERMELHA indicado, porém, eventuais substituições ou equivalências (ver fig. 3) **podem** ser tentadas, ainda que, em certos casos, o comportamento final do TUT não fique tão perfeito. Quanto ao resistor, **pode** ser usado um para dissipação maior do que 1/4 watt (sempre de 33K, notem), porém cuidado com o tamanho do "bicho" que, se for muito exagerado, dificultará sua inserção na placa. A respeito da chave de 2P x 2P, é um componente bastante comum, e que não deverá mostrar dificuldades na obtenção. O alto-falante foi recomendado em pequenas dimensões (5 a 6,3 cm. de diâmetro) unicamente no sentido de compactar a montagem, permitindo sua acomodação numa caixinha de modestas dimensões... Entretanto, se o Leitor/Aluno não for muito "fanático" quanto à miniaturização do conjunto, nada impede que falantes maiores sejam usados (sempre com impedância de 8 ohms), o que apenas exigirá caixas também mais "taludas". As tais "garras jacaré" chamam assim porque parecem assim: seu desenho imita direitinho "cabeças e mandíbulas" de jacaré, dotadas de mola para prender bem os terminais dos componentes a serem "mordidos"... No TUT elas devem ser do tipo **isolado**, para prevenir e evitar "curtos" acidentais (que fariam as pilhas "miar" rapidamente...).

- **FIG. 7** - Caixa e utilização do TUT. A figura mostra a mais óbvia e prática sugestão para o "encaixamento" do circuito. Na tampa do **container** podem ser feitos furinhos para a saída de som do alto-falante (este fica colado, frontalmente aos tais furos, pelo lado de dentro da dita tampa...). Logo abaixo pode ser posicionada a importante chave NPN-PNP, com suas funções claramente demarcadas no painel (ver fig. 6). Numa das laterais menores da caixa podem ser feitos 3 furinhos para a passagem dos fios que conduzem às garras "jacaré" de teste. Estas devem ser cuidadosamente identificadas e claramente demarcadas com as letras "E-B-C", referindo-se aos terminais do transístor a ser verificado.

A utilização do TUT é simplíssima e pode ser dividida em dois tipos de procedimento:

- **VERIFICAÇÃO DO "ESTADO" DE UM TRANSÍSTOR CONHECIDO** - Ligam-se as três garras aos terminais do "bichinho", respeitando a identificação das suas "pernas" e posiciona-se a chave do TUT na polaridade do transístor (exemplos: um BC548 na posição NPN ou um BC558 na posição PNP...). Se o transístor estiver BOM surgirá um tom de áudio (apito) nítido. Se o TUT ficar "mudo", provavelmente o componente estará RUIM (verificar, porém, se não há erro nas conexões de teste ou posição da chave de polaridade). Outras circunstâncias podem gerar os seguintes comportamentos:

- Tom de áudio **fraco** - O transístor está BOM, porém está com **ganho** baixo (ou **é** de ganho naturalmente baixo...).
- Tom de áudio muito agudo - O transístor é para alta frequência (RF) ou alta potência, mas está BOM.

- **"DESCOBERTA" DA POLARIDADE E IDENTIFICAÇÃO DE TERMINAIS DE UM**

TRANSÍSTOR DESCONHECIDO (BIPOLAR) - Tendo a prévia certeza de que o componente é BIPOLAR (outros tipos de transístores, que existem, e serão vistos em próximas "Lições", **não** podem ser testados corretamente pelo TUT...), basta "ir por tentativa", experimentando nas **duas** posições possíveis da chave de polaridade e nas várias (não são tantas assim...) combinações de ligação das três garras de teste às "pernas" do componente. Uma vez obtido o "apito", teremos, automaticamente, a indicação da polaridade do componente (se é NPN ou PNP e também a identificação dos seus terminais (pelas próprias posições das garras em relação a eles...).

Enfim, para as manipulações e necessidades iniciais do nosso "Curso" (e **mesmo** em muitas aplicações futuras, de Bancada, mais sérias...), o TUT é um INSTRUMENTO mais do que suficiente, confiável, simples e prático! De verdade, NÃO PODE FALTAR na Bancada de Estudo do Leitor/Aluno...!

Notar que o TUT **não tem** uma chave geral ("liga-desliga"). Isso ocorre porque se não houver um transístor ligado para teste, às garras "jacaré", o circuito fica totalmente inoperante, não "gastando" energia! O único cuidado que se deve ter é evitar que as partes metálicas das garras "jacaré" **se toquem** quando o TUT estiver "em repouso" (guardado). Se forem usadas as recomendadas garras **isoladas**, isso será muito difícil de acontecer, mas é bom ter atenção para a circunstância...

O CIRCUITO

(ANTECIPAÇÃO TEÓRICA)

Já avisamos que, numa "Aula" relativamente próxima, abordaremos o funcionamento dos TRANSÍSTORES como OSCILADORES (amplificadores realimentados com certa temporização e "desvio" de fase, de modo a entrar em "efeito gangorra"...). Em algumas das "ANTECIPAÇÕES TEÓRICAS" já feitas, chegamos a falar, "em bloco", sobre os osciladores... O circuito do TUT é, basicamente, um OSCILADOR usado para teste, estruturado em torno de um único transístor "faltante" (cuja posição é justamente suprida pelo componente a ser verificado...). Vejamos como "a coisa" funciona imaginando que o tal transístor seja um NPN comum, na posição de "componente X" (TR-X).

- **FIG. 8** - O transístor TR-X executa função amplificadora simples, polarizado pelo resistor de 33K. Sua saída (ponto S) excita ou energiza diretamente um pequeno alto-falante, **em série** com o enrolamento **primário** do transformador. Pelo fenômeno da indução eletro-magnética (ver "Aula" nº 4), assim que o circuito é acionado, e a corrente se estabelece (fornecida pelo transístor) no tal **primário** do transformador, um pulso de energia, com sentido "inverso", é gerado no enrolamento **secundário** do transformador. Observem que este enrolamento encontra-se no circuito de BASE do transístor, **em série** com o próprio resistor de polarização (33K) e assim, esse pulso de "contra-polarização", **momentaneamente** "corta" a **amplificação** do transístor. Isso causa um colapso na sua corrente de COLETOR (corte da energia no **primário do trafo** e alto-falante...). Como vimos na "Aula" nº 4, **tal** "corte" novamente pela indução eletro-magnética, força o surgimento de novo pulso (agora no sentido "correto" de polarização do transístor...) na BASE (ou Entrada E) de amplificação, via **secundário** do transformador. O transístor, então, momentaneamente volta a permitir relativamente ampla corrente de COLETOR, e tudo se repete, ciclicamente! É o que chamamos de oscilação por REALIMENTAÇÃO INDUTIVA (a transformador), em contraponto com a realimentação R-C (com rede formado por resistor/capacitor). Finalmente, notar que o alto-falante está "no caminho" da corrente de COLETOR do transístor, e, portanto, "traduz" os pulsos cíclicos gerados pelo circuito, na forma de SOM (ver, novamente, a "Aula" nº 4...).

Observar que toda essa sequência de eventos apenas pode acontecer SE O TRANSÍSTOR ESTIVER EM BOM ESTADO, se este for CAPAZ DE AMPLIFICAR (que é a sua função básica) CORRENTE! Se o componente estiver "arruinado", nada disso ocorre, e não há som na manifestação final do circuito! Tudo muito simples, direto e funcional... Notar ainda que o termo "amplificar" significa que o transístor **tem que ter** um certo **ganho** (hFE), sensivelmente **maior do que 1.**

Finalmente, embora na descrição "em bloco" da presente ANTECIPAÇÃO TEÓRICA, tenhamos "colocado lá" um transístor NPN (observar as polaridades de alimentação indicadas na figura...), tudo o que foi descrito vale também para um transístor bipolar PNP, desde que, simplesmente, a polaridade geral da alimentação for **invertida**... É justamente essa inversão a função da chave 2P x 2P, cuja inclusão permite a flexibilidade de teste para componentes PNP ou NPN...!

Fig. 8